

MÁSTER UNIVERSITARIO
EN CONSTRUCCIÓN AVANZADA EN LA EDIFICACIÓN
TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

EDIFICIOS TRADE DE BARCELONA: UNA POSIBLE REHABILITACIÓN
ENERGÉTICA DE LA OBRA DE CODERCH

Proyectista: Beatriz Davi Médola

Directores: Montserrat Bosch Gonzàlez
Ramon Graus Rovira

Convocatoria: Enero 2020

MÉDOLA, Beatriz Davi. **Edificios Trade de Barcelona: una posible rehabilitación energética de la obra de Coderch**. 2019. 147 p. Trabajo final de Máster (Máster Universitario en Construcción Avanzada en la Edificación) – Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2019.

RESUMEN

El contexto medioambiental actual demanda una reducción de gastos energéticos e impactos medioambientales a todos los niveles para lograr un planeta sostenible. Los procesos de rehabilitación energética del patrimonio histórico construido son cada vez más comunes a fin de ahorrar y reducir emisiones. A pesar de ello, muchas veces, estas rehabilitaciones desfiguran el paisaje urbano de nuestras ciudades a corto y a medio plazo.

Los edificios Trade de Barcelona se caracterizan por ser cuatro torres curvilíneas de envolventes totalmente acristaladas que ya han sido reconocidas como patrimonio arquitectónico de la ciudad. La solución arquitectónica propuesta por el arquitecto José Antonio Coderch posee un gran valor histórico y arquitectónico, y utiliza un particular muro cortina, solución innovadora para la época de construcción del edificio, que determina la materialidad de la obra.

A pesar de que el edificio ha envejecido relativamente bien, las actuales exigencias medioambientales están muy lejos de las iniciales, dado que el edificio fue inaugurado en 1968, de modo que parece interesante plantear evaluación energética y una posible propuesta de rehabilitación energética. Para esto, el presente trabajo se basa en identificar las condiciones actuales de los edificios Trade, analizando las exigencias energéticas y de confort del edificio para finalmente proponer soluciones energéticamente eficientes y respetuosas patrimonialmente para el complejo, estableciendo estrategias y filosofías que generen una arquitectura más sostenible, sana, y comprometida con el medioambiente y las necesidades energéticas de la sociedad actual.

Los métodos para lograrlo se pautaron en conocer el edificio a través de una revisión bibliográfica, levantamiento y análisis de datos de consumo energético, simulaciones en los programas CE3X y Design Builder y evaluación de resultados para, finalmente, desarrollar propuestas de mejora de la envolvente. Dado que se trata de un muro cortina muy particular, fueron desarrolladas soluciones de rehabilitación inspiradas en una economía circular. A través del uso de la tecnología conjuntamente con algunos trabajos casi artesanales y la reutilización de materiales, se propone una solución de fachada que aumenta la vida útil del patrimonio construido en pro de mantener nuestro patrimonio moderno acorde con las condiciones actuales de sostenibilidad.

Palabras clave: Eficiencia Energética, Sostenibilidad, Muro cortina, Economía circular.

MÉDOLA, Beatriz Davi. Barcelona Trade Buildings: a feasible energy refurbishment of Coderch's work. 2019. 147 p. Master Thesis. (Master's degree in Advanced Building Construction) - Technical University of Catalonia, Barcelona, 2019

ABSTRACT

The current environmental issues demand to the society a reduction in energy consumption and environmental impacts in order to achieve a sustainable planet. Energy refurbishment on the architectural heritage are increasingly common, in order to save and reduce emissions. Despite this, many times, these refurbishments end up by disfiguring the urban spaces of our cities.

The Trade Buildings in Barcelona are characterized by four curvilinear towers with fully glazed enclosures that confer an architectural heritage in the city. The architectural solution proposed by the architect José Antonio Coderch has a great historical and architectural value, and uses a particular curtain wall, an innovative solution for the period of the construction of the building, which determines the materiality of the work.

Although the building has aged relatively well, the current environmental requirements are far from the initial ones, since the building was inaugurated in 1968, so it seems interesting to propose a strategy for energy rehabilitation. For this purpose, the present work consists of identifying the current conditions of the Trade buildings, analyzing the energy and comfort requirements of the building to finally propose energy-efficient and heritage-friendly solutions for the complex, establishing strategies and philosophies that generate a more sustainable architecture, healthy, and committed to the environment and energy needs of today's society.

The methods to achieve this were based on knowing the building through a bibliographic review, analysis of energy consumption data, simulations in programs such as CE3x and Design Builder and evaluating results to finally develop proposals to improve the curtain wall. Since it is a very particular curtain wall, refurbishment solutions inspired by a circular economy were developed. Through the use of technology in conjunction with craftsmanship and the reuse of materials, a facade solution is proposed, increasing the lifetime of the building in order to maintain our modern heritage in compliance with the current environmental needs.

Keywords:

Energy Efficiency, Sustainability, Curtain Wall, Circular Economy.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES.....	8
2.1 Los edificios Trade de Barcelona	8
2.1.1 El terreno y su ordenación urbanística.....	13
2.1.2 Forma, Volumen y Materialidad.....	14
2.1.3 Breve perfil de José Antonio Coderch de Sentmenat.....	20
2.1.4 Una mirada a la arquitectura corporativa de Coderch.....	22
2.2 El muro cortina y la Arquitectura de los años 60	27
2.3 la rehabilitación energética de la arquitectura moderna	29
2.4 Directrices para una arquitectura NearlyZero	31
2.5 Normativa básica para la rehabilitación energética	33
3. METODOLOGÍA UTILIZADA	37
4. ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO	39
4.1 La piel.....	39
4.2 Sistemas e instalaciones.....	47
4.3 Perfil de uso en los edificios trade	60
5. ANÁLISIS DE DATOS	62
5.1 Análisis de consumo energético en las cuatro torres	62
5.2 Análisis de consumo energético en la Torre Oeste.....	68
5.2.1 Análisis de datos generales	68
5.2.2 Análisis a través de la plataforma CE3X	76
5.3 Análisis energético global con Design Builder.....	88
6. DIAGNOSIS Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN	99
7. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN	103
7.1 Soluciones de mejora del muro cortina.....	105
7.1.1 El vidrio	105
7.1.2 La carpintería	111
7.2 Mejora de la calidad de los antepechos.....	122
7.3 Implementación de energía solar térmica.....	124
7.4 Control de iluminación natural y artificial.....	125
9. CONCLUSIONES	133
9.1 Conclusiones tecnológicas	133
9.2 Conclusiones personales.....	134
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS	136
APÉNDICES	147
Anexo A – Resultados CE3X	147

1. INTRODUCCIÓN

Los edificios Trade de Barcelona se caracterizan por sus cuatro torres curvilíneas de envolventes totalmente acristaladas. La solución arquitectónica propuesta por el arquitecto José Antonio Coderch posee un gran valor histórico y arquitectónico, y utiliza un particular muro cortina, solución innovadora para la época de construcción del edificio, que determina la materialidad de la obra.

A pesar de que el edificio ha envejecido relativamente bien, las actuales exigencias medioambientales están muy lejos de las iniciales, dado que el edificio fue inaugurado en 1968, de modo que es interesante evaluar su comportamiento energético y, si se diera el caso, plantear una propuesta de rehabilitación energética.

Para esto, una intervención de este carácter debe identificar las condiciones actuales del edificio, analizando sus exigencias energéticas y de confort para finalmente proponer soluciones energéticamente eficientes y respetuosas patrimonialmente para el proyecto. Los métodos para lograrlo son diversos: a través de estudios de caso, simulaciones en plataformas digitales, desarrollo de estrategias de aislamiento, producción de energía limpia y asoleamiento acordes con el proyecto.

A fin de identificar problemas relacionados a la falta de eficiencia energética en los edificios Trade de Barcelona, se desarrolla, por tanto, una pre diagnosis del estado actual del edificio, especificando consumos energéticos por sector del edificio. A partir de este primer estudio, se pretende identificar disfunciones que puedan ser mejoradas.

Dado que los edificios Trade están catalogados patrimonialmente, es fundamental mantener el aspecto histórico del complejo, sin desconfigurar la huella que los edificios tienen en Barcelona. Por eso, a partir de estudios profundizados sobre sus características energéticas, se pretende establecer estrategias y filosofías que generen una arquitectura más sostenible, sana, y comprometida con el medioambiente y con las necesidades energéticas de la sociedad actual, contribuyendo a la preservación del patrimonio construido de manera respetuosa y durable.

Los llamados NZEB (Nearly Zero Energy Buildings), pueden ser definidos como edificios con un rendimiento energético muy alto donde la cantidad de energía es casi nula o muy baja, de acuerdo con la Directiva sobre eficiencia energética de los edificios.

(Energy Performance of Buildings Directive - EPBD, 2010/31 / UE). En España, es necesario controlar las emisiones de carbono, así que, implementar las características nZEB es un obstáculo que representa un desafío en obras existentes. Por este motivo, es fundamental tomar en cuenta los aspectos del impacto ambiental de materiales, y los aspectos económicos relacionados a la obra de rehabilitación, para establecer estrategias equilibradas y reales.

Así, las nuevas soluciones propuestas en este estudio deben seguir un carácter sostenible, proponiendo una rehabilitación del edificio enmarcada dentro de los parámetros de edificios NearlyZero, incrementando características de bajo impacto ambiental en su sistema constructivo, centrándose principalmente en soluciones que reduzcan la demanda energética del complejo y que implementen generación de energía limpia.

El desafío en los edificios Trade de Barcelona está principalmente relacionado a la envolvente de muro cortina, solución constructiva implementada por el arquitecto José Antonio Coderch a fin de aligerar la volumetría planteada para el proyecto de las torres de oficinas y comercio de Barcelona. El método constructivo definitivo elegido para el proyecto fue el muro cortina en diente de sierra, adaptándolo a la sinuosidad del nuevo dibujo del complejo y aligerando la volumetría inicialmente propuesta. La curva convexa de las esquinas encuentra su contrapunto en la cóncava, generando sombras y reflejos distintos en cada trecho de fachada.

A pesar de ello, las cuatro torres del complejo presentan comportamientos de sombras parecidos, pero si se analiza la influencia de la orientación solar, se observa un mayor consumo energético en la torre Oeste. De esta forma, el presente trabajo se concentrará en estudiar detalladamente la fachada de la torre oeste de los edificios Trade, identificando características de asoleamiento, transmitancias térmicas de materiales y confort térmico y lumínico de la torre a fin de proponer soluciones factibles para una rehabilitación de la piel del edificio. A través de una posible solución implementada en esta fachada, se pretende extender esta solución a todas las fachadas del complejo.

2. ANTECEDENTES

Este apartado busca explicar la evolución histórica de los edificios Trade de Barcelona, resaltando algunos conceptos clave para comprender la importancia de esta obra de Coderch en la ciudad de Barcelona. A través de una investigación en archivos históricos de Barcelona se problematiza el tema y se señalan posibles caminos de investigación.

2.1 LOS EDIFICIOS TRADE DE BARCELONA



Ilustración 1: Edificios Trade. Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barcelona_-_Edificios_Trade.jpg

En la ilustración se pueden contemplar los cuatro volúmenes sinuosos que emergen del suelo de Barcelona reflejando, de manera leve y deconstruida por sus ángulos, el mosaico de su entorno. Convirtiéndose en un símbolo de modernidad de la época de su construcción, en los años de 1960, los edificios Trade de Barcelona se

caracterizan por sus cuatro torres curvilíneas de envolventes totalmente acristaladas con un color gris que le confiere un aspecto suntuoso y exuberante. El juego de volúmenes tiene un basamento que interconecta tres de las torres por las plantas inferiores, creando un espacio público-privado que une las torres de oficinas al tejido urbano de la ciudad de forma gradual. Para conseguir una espacialidad urbanística, se han dispuesto jardines intersticiales que acompañan el dibujo orgánico de las torres.

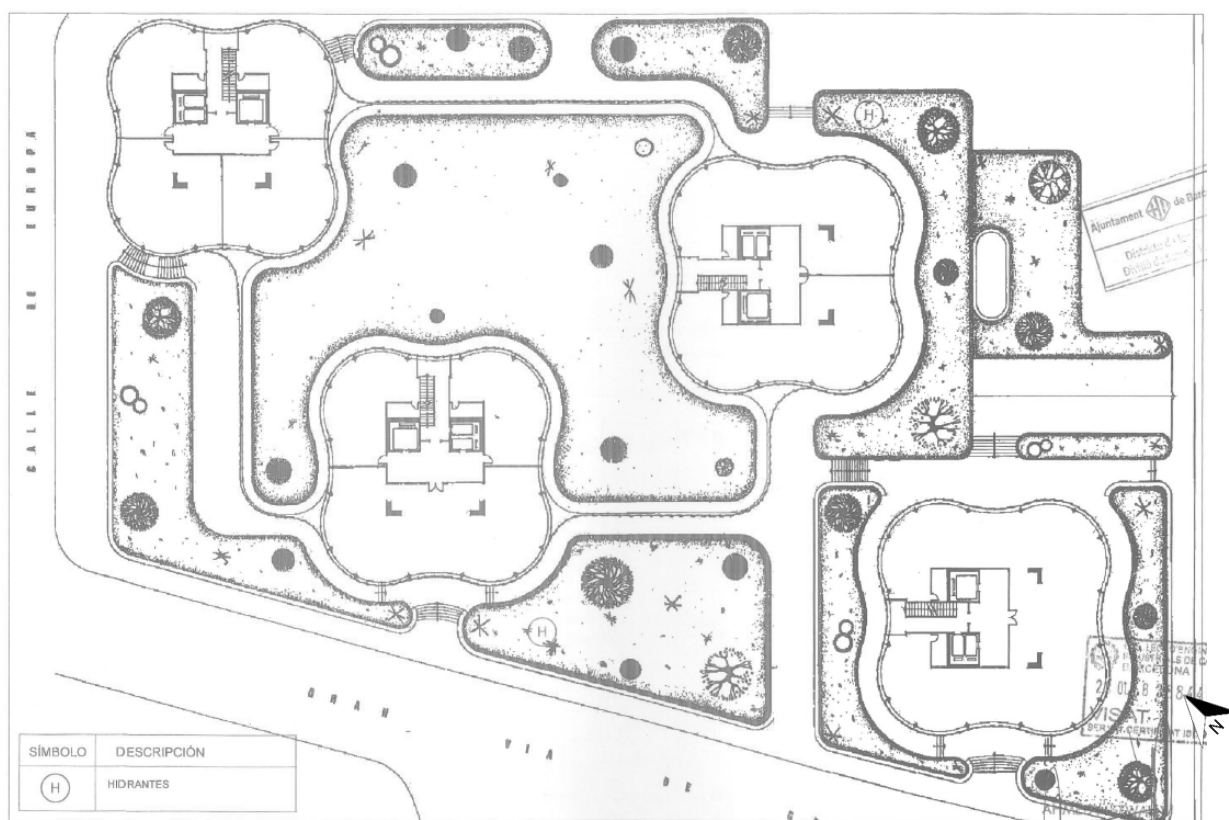


Ilustración 2: Plano de implantación y jardines. Proporcionado por la administración Fincas Abarca

El basamento conecta tres de las torres —torre oeste, torre este y torre norte—, las cuales se convierten a diario en el paisaje arquitectónico de los barceloneses. Quien pasa y las mira todavía percibe el impacto de contemporaneidad que tuvieron cuando fueron construidas. En cambio, sólo los que se acercan a explorar sus aledaños descubren los detalles de una planta baja rica en soluciones sorprendentes y de un basamento con grandes hojas acristaladas pulidas y curvadas que se disponen con total gracia y libertad y provocan el reflejo del curioso que pasa por delante de sus superficies. La planta baja tiene por tanto un zócalo en hormigón que acompaña el dibujo de los jardines y de las pasarelas, y se extiende con un complejo vidrio curvado que valora la fluidez de este espacio de transición entre el urbano y el privado. Por otro lado, las plantas de entresuelo y plantas tipos aceptan una solución más barata con vidrios planos en formatos

convencionales, pero todavía manteniendo la sinuosidad del edificio (Corbetta y Parés 2005).

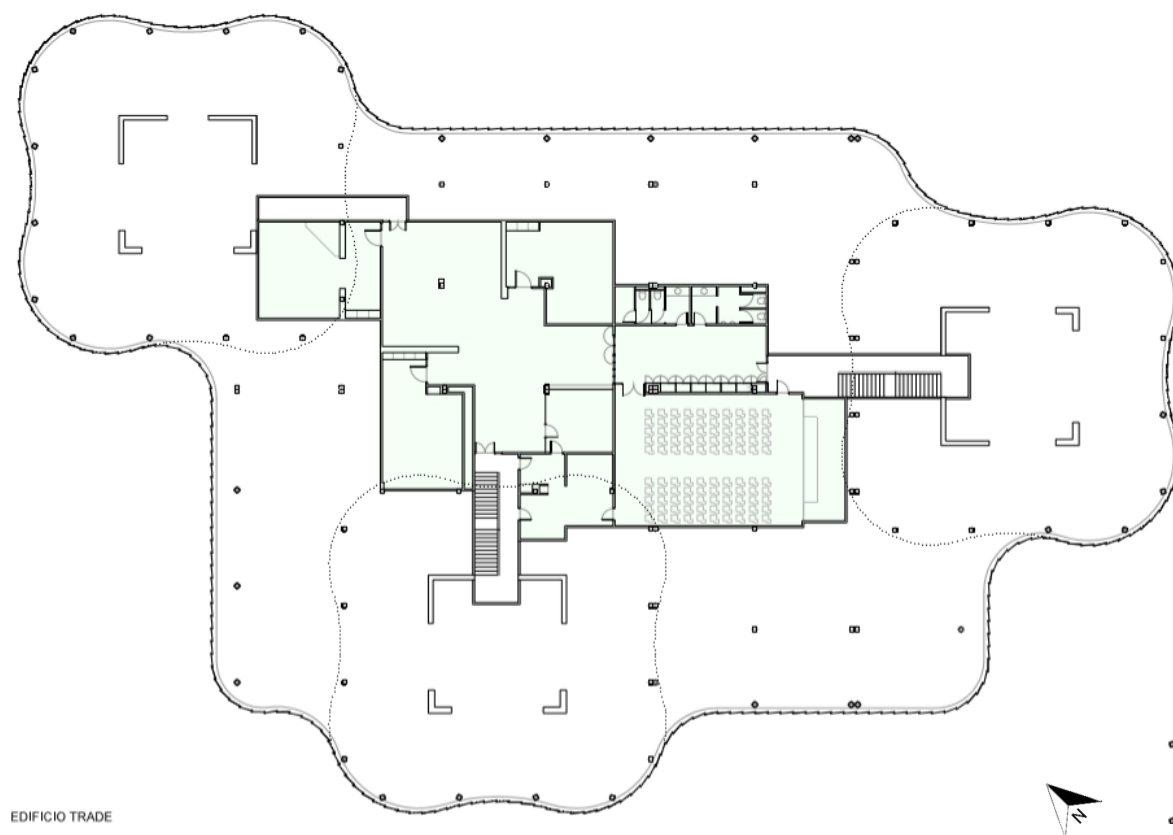


Ilustración 3: Planta Noble. Proporcionado por la administración Fincas Abarca

Según Maria Lluïsa Borràs (1969), el arquitecto José Antonio Coderch tenía como desafío proyectar espacios de oficinas con condiciones óptimas de trabajo en todos los despachos, disponiendo de luz natural y vistas exteriores en todas las orientaciones. De esta forma, se plantean fachadas sinuosas translúcidas que configuran el valor estético del complejo, y se resuelven con un particular muro cortina: para poder adaptarse al perímetro curvilíneo, las ventanas divididas en franjas verticales que configuran el ritmo arquitectónico de la fachada, están montadas en dientes de sierra. Esta solución arquitectónica fue imprescindible en la época de la construcción para simplificar la entrega de las carpinterías, dado que el montaje de los muros cortinas se hacían a pie de obra. Además, la anchura de los marcos permite matizar gradualmente las distintas tonalidades de luz que proporciona la orientación en el transcurso de la jornada (Llobet 2011).

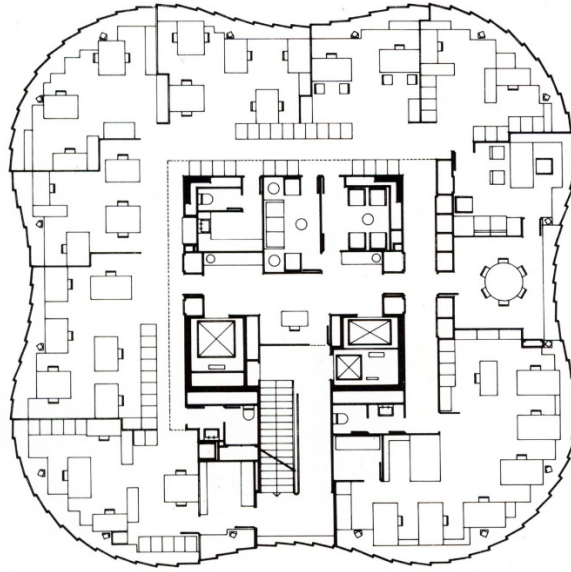


Ilustración 4: Planta Tipo. Disponible en: <http://joseantonioCoderch.org/Tradeedificiooficinas/?lang=en>

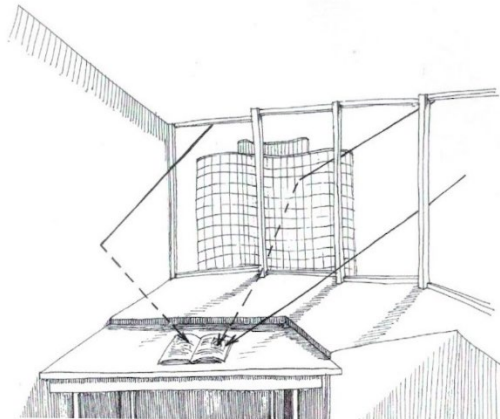


Ilustración 5: Reflejos internos en el edificio y despacho acabado de inaugurar. Fuente (CORBETTA, MACIA 2005).

En su materialidad, la fachada incorpora unos antepechos interiores de fábrica de ladrillo que poseen una cámara de aire entre dos capas, que mejoran el comportamiento térmico de los muros cortina, funcionando como medio para adaptar el edificio al fuerte asoleo del clima mediterráneo. Además, estos antepechos se destacan en la noche cuando contrastan con la luz artificial interna de las torres, haciendo que la silueta del edificio sea aún más clara y objetiva.



Ilustración 6: Iluminación artificial de los Edificios Trade. Disponible en: <http://edificiosTrade.com/historia/>

El gran valor histórico y arquitectónico conseguido por la arquitectura de los Edificios Trade resultó en su catalogación en el Ayuntamiento de Barcelona como bienes con elementos de interés arquitectónico (C): mantenimiento de volúmenes, fachadas, tipo y uso; mantenimiento y/o recuperación de texturas, materiales y cromatismos originales¹. A pesar de que el edificio ha envejecido relativamente bien, las actuales exigencias medioambientales están muy lejos de las iniciales, dado que el edificio fue inaugurado en 1968, de modo que parece interesante plantear una propuesta de rehabilitación energética, a fin de alargar la vida útil de estos edificios que componen la historia de Barcelona.

¹ Edificis Trade, c. Corts, 27-33, *Portal d'informació urbanística BCN*, Ajuntament de Barcelona [Consulta 30/12/2019] <https://ajuntament.barcelona.cat/informaciourbanistica/cerca/ca/fitxa/1999/--/--/cp/>

2.1.1 EL TERRENO Y SU ORDENACIÓN URBANÍSTICA

Situados en una zona en expansión denominada Plan Parcial de la Zona Ferial aprobada definitivamente en el año de 1956, los edificios de oficinas Trade tenían su origen en la zona que enlazaba la actual avenida Diagonal con el barrio de Les Corts.

Desde el proyecto ideado por Cerdà, la avenida Diagonal, en aquellos años llamada Avenida Generalísimo Franco, otorgaba un papel importante como vía de conexión entre pueblos cercanos a Barcelona. El desarrollo de esta vía viene, entre otros motivos, de una impulsión franquista que alegaba que la Universidad de Barcelona en la *Plaça Universitat* ya no tenía espacio para abrigar los 8.000 estudiantes de la época, dedicando a zona universitaria la parte final de esta avenida, dado que el espacio era mucho más abundante. En realidad, esta decisión estaba relacionada a intereses políticos, puesto que las revueltas estudiantiles deberían tener mucho menos impacto en la sociedad si estuvieran alejadas de los centros urbanos.

En diciembre del año de 1957, se aprobó el Plan Parcial de la Zona Norte de la Avenida Generalísimo Franco y Las Cortes, donde ya se veía dibujada el área donde los Trade serían emplazados. En 1962 se define la ordenación de la isla donde se sitúan los edificios, entornada por la Gran Vía Carles III y las calles de Europa, de Les Corts y de Masferrer.

En 1965 se hizo el primer Plan Parcial de Ordenación de la Zona Norte de la Avenida Generalísimo Franco.

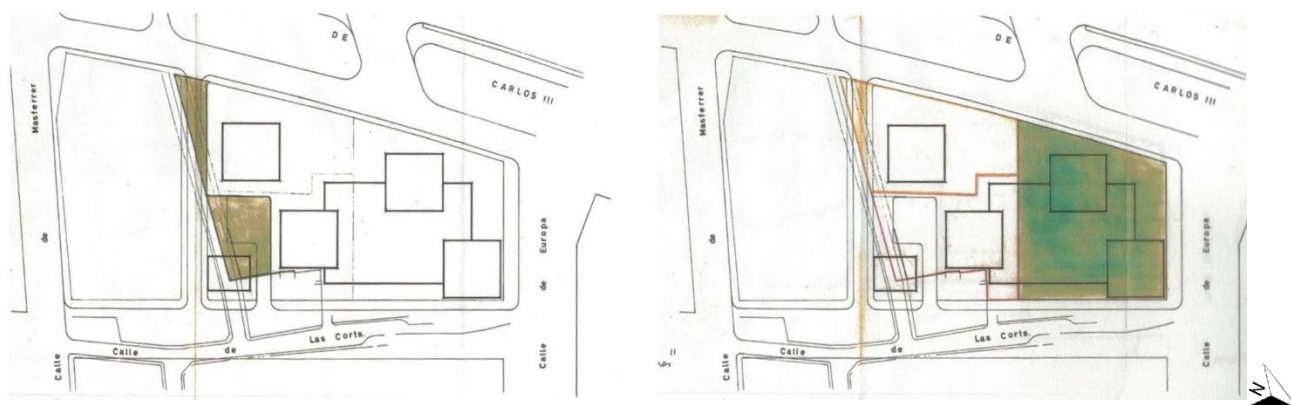


Ilustración 7: Plan Parcial de Ordenación de la isla de los edificios Trade. Fuente: Arxiu Habitat (Corbetta y Parés 2005)

Como se puede observar en los planos, los antecedentes del proyecto definitivo ya venían prefijados determinando 4 torres situadas en la isla. Sin embargo, todavía se estaban haciendo estudios de la actual Calle del Instituto Frenopático que separa los edificios Trade del bloque que abriga el Corte Inglés.

2.1.2 FORMA, VOLUMEN Y MATERIALIDAD

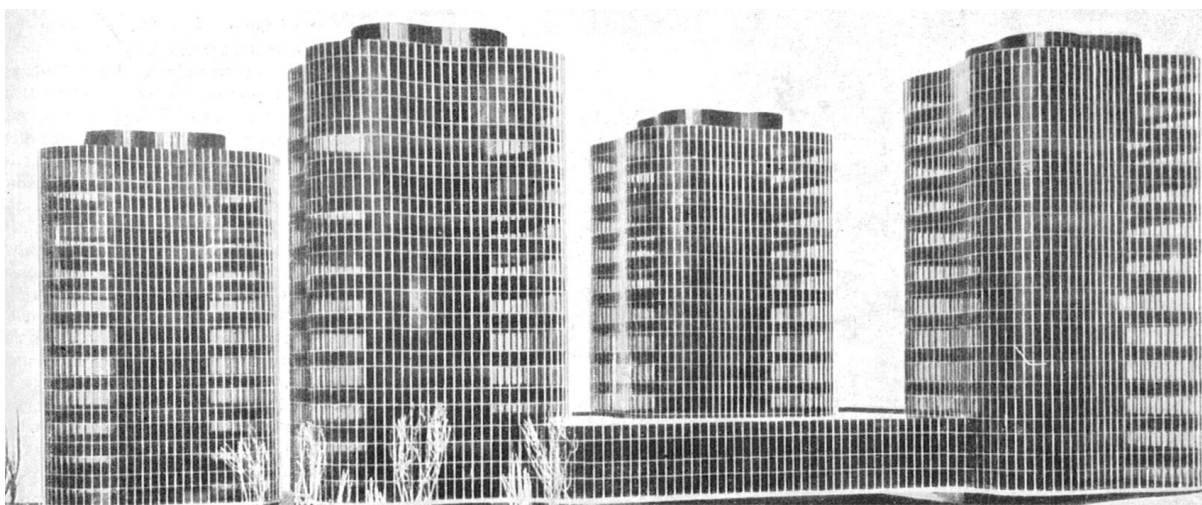


Ilustración 8: Edificios Trade. Fuente: (Serrano 1967, 12)

A fin de entender el proyecto en su esencia, investigamos aquí, la forma dada a los edificios Trade de Barcelona y su materialidad. Para lograr un buen entendimiento del edificio desde su construcción han sido consultados el Archivo Municipal Contemporáneo de Barcelona, además de documentaciones y trabajos previos. Infelizmente el archivo Coderch, que dispone de mucha información original sobre las obras del arquitecto, no está disponible en este momento dado que su custodia y gestión está en proceso de mudanza para el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía (Madrid). De esta forma, muchas de las imágenes son escaneadas de trabajos de investigación anteriores al presente trabajo.

Como se ha visto, el proyecto inicial partía, por tanto, de una ordenación aprobada en el Ayuntamiento que contaba con un volumen que, al principio, se distribuía en cuatro torres de formas prismáticas, y un cuerpo de planta rectangular en la parte inferior que unía tres de ellas. Este primero proyecto se daba por cuatro torres de plantas cuadradas de dimensiones de 20 m x 20 m y con una altura de PB+10 plantas.

Cuando el proyecto fue encargado al arquitecto Coderch, la forma inicial le condicionaba a seguir una composición obligatoria, que no correspondía a su arquitectura. La poca esbeltez configurada en esta volumetría orientó el arquitecto, desde el inicio, a proponer una solución más ligera, posibilitando la permeabilidad de la luz en todas las caras del edificio y moldeando la forma de cuatro torres simétricas en formatos ameboides. En el resumen de su proyecto, Coderch describe el desafío de proyectar las nuevas torres de los negocios de Barcelona de la siguiente manera:

“Este proyecto está basado en una composición obligatoria. Se han proyectado los distintos edificios con formas curvas para evitar la agresividad de las esquinas en un conjunto tan denso. Se ha utilizado muro cortina en diente de sierra para adaptarlo a las curvas y para aligerar el edificio.”

El arquitecto decidió, por tanto, ondular el perímetro de las torres, recuperando las primeras soluciones de rascacielos de cristal de Mies van der Rohe y algunas de las formas de los vasos de Alvar Aalto. (Llobet 2011). Las torres onduladas están circunscritas en un nuevo cuadrado de dimensiones de 22 m x 22 m y su forma permite la entrada de luz natural gradual a través todas las orientaciones.

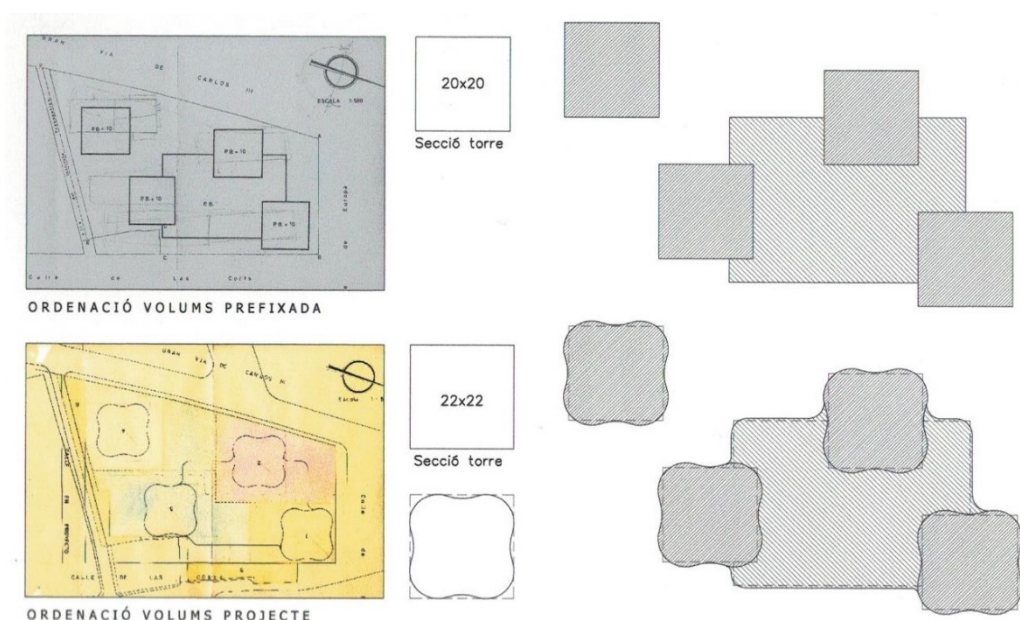


Ilustración 9: Plano con la reparcelación de fincas aprobadas. Fuente: (Corbetta y Parés 2005)

Las fachadas principales del complejo se orientan para la Gran Vía de Carles III. En el año de 1966 se establece la reparcelación definitiva de las fincas aprobadas por la Comisión Municipal (Ilustración 10) y en 1967 la propuesta de Coderch es definitivamente aprobada en el ayuntamiento.

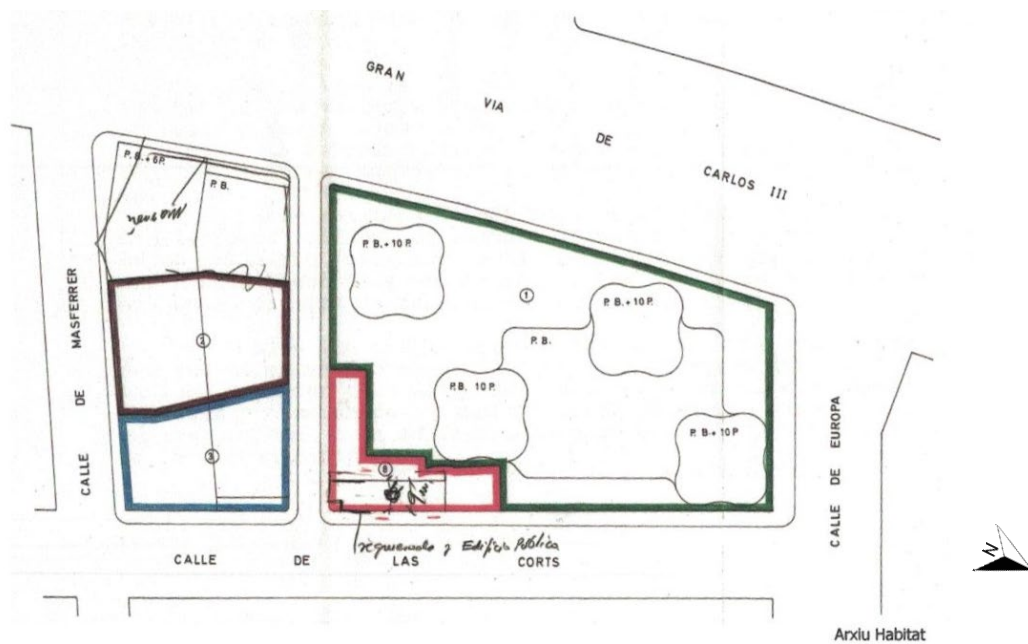


Ilustración 10: Plano con la reparcelación de fincas aprobadas. Fuente: Arxiu Habitat (Corbetta y Parés 2005)

Como se puede ver en su implantación, las torres norte, oeste y este están unidas por la planta baja, y la torre sur se encuentra aislada de las otras tres en el nivel del terreno. El complejo ha sido construido en 4 fases, que empezaron por los pisos subterráneos, planta baja, entresuelo y la torre oeste, terminados en 1968. Entre 1970 y 1971 se construyeron, respectivamente, la torre norte, torre este y finalmente la torre sur, momento cuando se terminó la construcción del complejo de los edificios Trade.

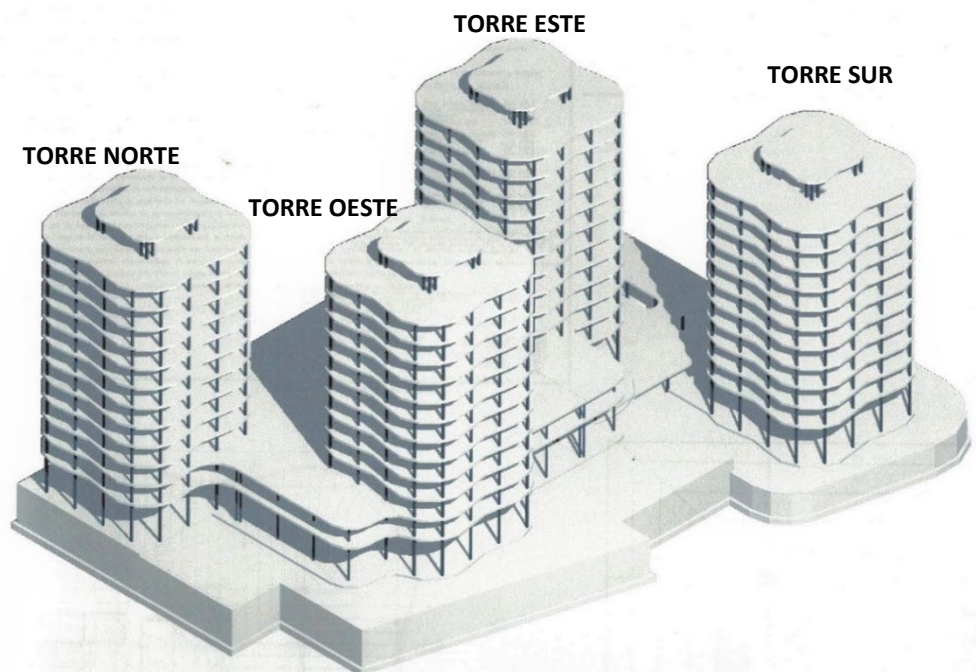


Ilustración 11: Esquema estructural de las torres. Fuente: (Corbetta y Parés 2005)

La distribución de todas las torres se desarrolla alrededor de un núcleo central para que la totalidad de las oficinas tenga luz natural y vistas al exterior. El núcleo central se convierte al mismo tiempo en una zona de recepción, encuentro y circulación que contiene los servicios. Cada núcleo central cuadrado contiene escaleras, ascensores y servicios públicos. Las columnas de acero alrededor del perímetro de cada edificio soportan un muro cortina con bordes de diente de sierra. Las extremidades de las torres en formato de “hoja de trébol” son destinadas a oficinas y, debido al uso del vidrio tienen entrada de luz natural durante todo el día.

Pero si la planta curvada resultaba una solución singular para el tratamiento de fachada, a pie de obra esta volumetría significaba muchos desafíos. Primeramente, en relación con sus forjados, que utilizaban la técnica de losas aligeradas, y, por tanto, tenían que ser muy bien calculados para saber cuántos metros cúbicos de hormigón utilizarían y como realizarían los encofrados para que cupieran en su formato.

Los forjados resultaron constituidos a partir del sistema de losa aligerada de hormigón armado, con casetones de 70x70x20 centímetros, y canto de 35 centímetros según medidas tomadas in situ por Gavina Corbetta y Macià Parés (2005). Los planos originales muestran espesores de canto de 28 centímetros (25 de los casetones + 3 de capa de compresión). Los forjados presentan total independencia para hacer frente a posibles desplazamientos generados por el trabajo del material debido a las juntas de dilatación.

También se puede apreciar un revestimiento de los pilares metálicos con protección proyectada para garantizar una adecuada estabilidad al fuego frente casos de incendio.

El proceso constructivo de las torres parte desde el entresuelo terminado, con pilares proyectados que sustentarán planta a planta a partir de perfiles UPN electrosoldados y presillas para conformar secciones cerradas. Las puntas de estos pilares incorporan las ménsulas donde se recibirán, también soldadas, las crucetas.

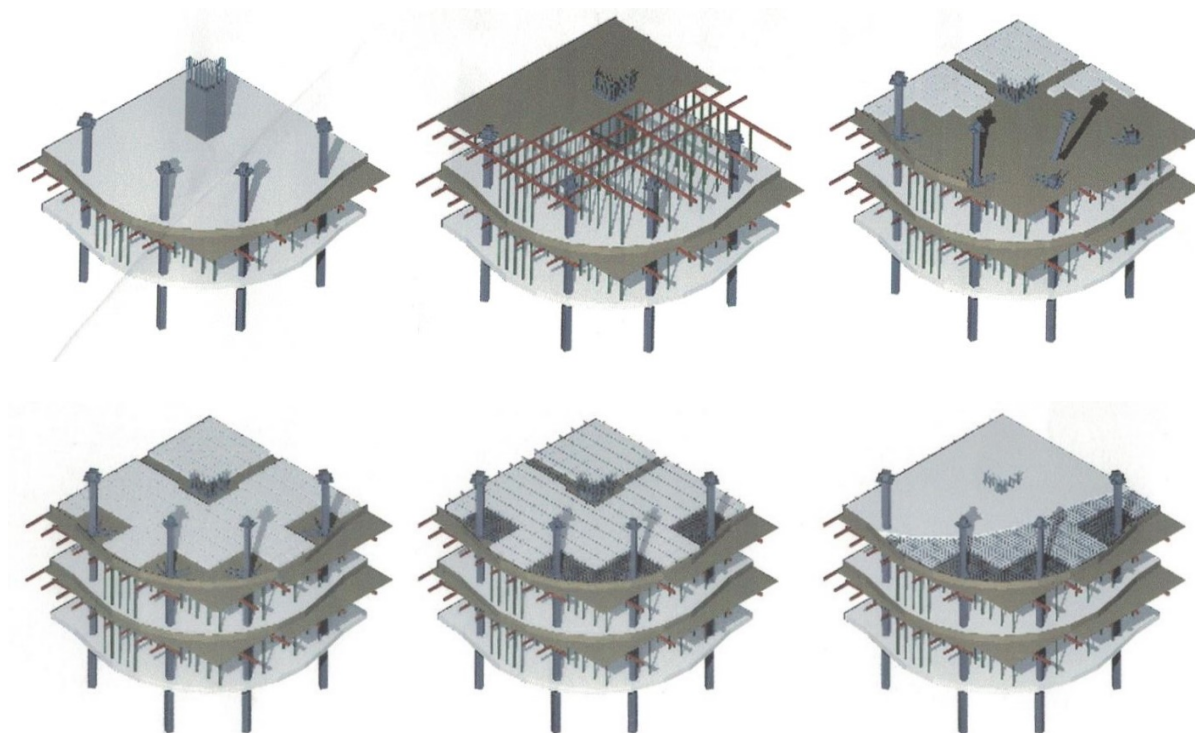


Ilustración 12: Proceso de construcción de forjados. Fuente: (Corbetta y Parés 2005)

En la sección del edificio se nota que todos los forjados, incluso la cubierta, presentan soluciones parecidas, así que el aislamiento en cubierta parece no tener un tratamiento especial, siendo también en losa aligerada de hormigón armado. La altura de piso a piso se establece en 3,05 m, siendo la altura libre de 2,70 m. Las torres oeste y norte son compuestas por las plantas que conforman los bajos, entresuelo y más 10 plantas, mientras las torres este y sur tienen los bajos, entresuelo y más 9 plantas.

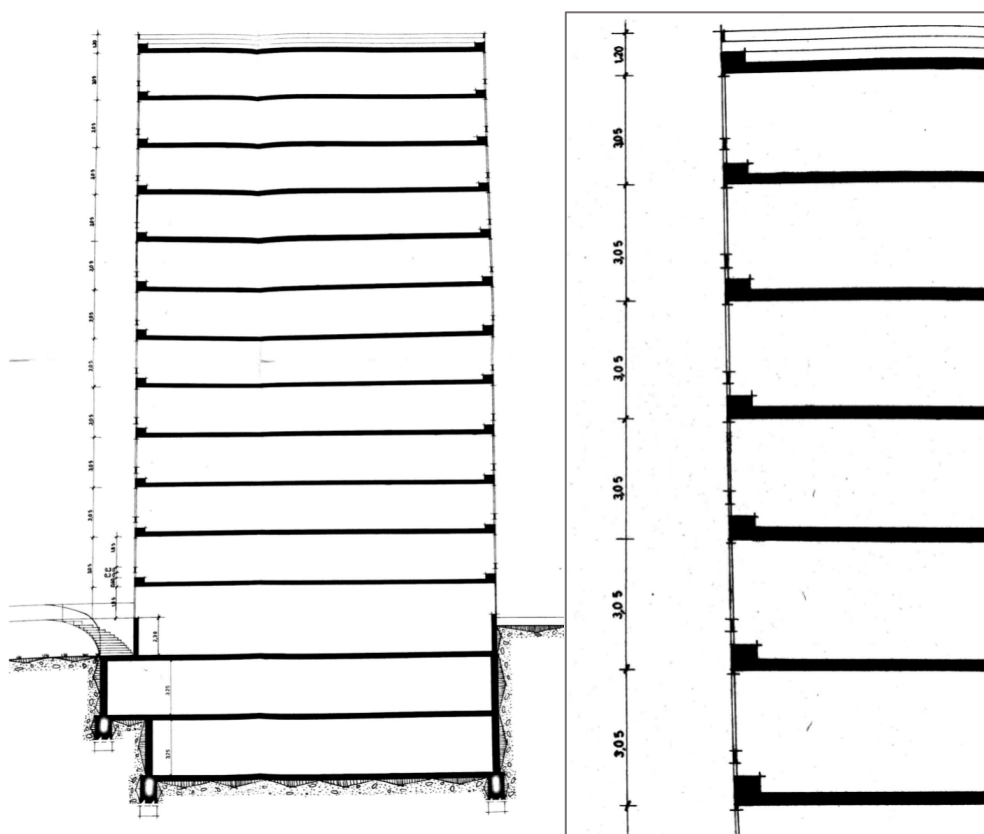


Ilustración 13: Sección y ampliación de las acotaciones verticales. Fuente: Archivo Municipal Contemporáneo de Barcelona

Hoy en día, notamos un elemento que no aparecía en los primeros dibujos, que es un último piso que corona los edificios con la misma forma del volumen de las torres, pero en tamaño reducido y en color marrón. En una visita al edificio, se ha constatado que esta zona del proyecto está destinada a las maquinarias y es un espacio solamente cubierto, pero sin cerramientos estancos en fachada. La estructura está hecha de placas de fibrocemento, material poco sostenible y prohibido de uso en construcciones actuales, que está revestida en pintura de color marrón y tiene aperturas para entrada de ventilación natural en todo su perímetro. Es importante indicar que, en este local, la circulación se produce a través de pasarelas metálicas muy estrechas y pocas barreras de protección para el mantenimiento de las instalaciones.

Según noticias de la época, es posible definir los datos constructivos originales de manera general según:

Cimentación: directa mediante zapatas aisladas armadas, con una parrilla en su fondo.

Estructura y forjado: en cada torre existen 4 pilares centrales de hormigón armado y otros 16 periféricos metálicos. Los forjados están constituidos por placas armadas de dos

direcciones, tipo PROCA. Las plantas de sótano están cerradas por un muro pantalla de hormigón armado.

Cerramientos: la fachada está compuesta de un antepecho de doble tabique cerámico relleno de hormigón celular. La carpintería es en forma de diente de sierra, siguiendo un módulo de 80 centímetros. Las ventanas son fijas para proporcionar un completo aislamiento térmico y acústico.

Suelos: en vestíbulo de entrada con mosaico. En Servicios Generales, de moqueta. Las plantas de oficinas se entregan pavimentadas con Seipolan y enyesadas.

Decoración interior: ha sido realizada por Rafael Carreras.

Con este panorama formal y constructivo, podemos entender la materialidad general del complejo. El sistema de fachada será mejor explicado más adelante en este trabajo, dado que trataremos de entenderlo en detalle a fin de proponer su mejora energética.

2.1.3 BREVE PERFIL DE JOSÉ ANTONIO CODERCH DE SENTMENAT



*Ilustración 14: El arquitecto José Antonio Coderch de Sentmenat.
Disponible en: <http://joseantonioderch.org/biografia/?lang=en>*

Reconocido como uno de los arquitectos catalanes más notables del periodo posguerra en España, José Antonio Coderch y de Sentmenat (Barcelona 1913 - L'Espolla 1984) fue un personaje de fuerte personalidad, que, a través de su obra de rica arquitectura, logró dejar una huella de gran valor arquitectónico en la ciudad de Barcelona. (Fochs 1992)

Graduado en la Escuela de Arquitectura de Barcelona en 1940, empezó a trabajar inmediatamente y en 1942 pasó a trabajar para la Obra Sindical del Hogar (OSH) en Sitges, momento el cual empieza a ganar reconocimiento internacional, principalmente a través del interés de los arquitectos italianos Gio Ponti y Alberto Sartoris. Luego,

Corderch pasa a trabajar para la OSH de Madrid y empieza a desarrollar obras de su autoría con grande visión internacional (Pizza y Rovira 2000).

El trabajo de Coderch, fue conceptualmente muy diverso, disperso en diversas ubicaciones geográficas, y según Serrano (1967) “habría sido imposible sin el equipaje de una profesionalidad estricta, sin una dedicación absoluta, sin un esfuerzo continuo”. Coderch se ha desarrollado de modo a ser un arquitecto completo, con sensibilidad para proyectar en diferentes situaciones, siempre pensando en la escala humana y en suavizar la difícil realidad cotidiana a través de la estética y funcionalidad. A él no le gustaban los grandes rascacielos de las ciudades, según él, culpaba a Le Corbusier y sus discípulos. Su obra, en este sentido, inspira a una ciudad más humana, que respeta los límites del hombre.

En los años 60, Coderch y su compañero Valls consiguen un premio FAD (Fomento de las Artes Decorativas) de Arquitectura por el edificio de la calle Compositor J.S. Bach en Barcelona. En este periodo empiezan a encargarle obras importantes, como es el caso de los edificios de oficinas Trade. Su último edificio emblemático fue la ampliación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (Barcelona, 1978), proyecto con el que obtuvo un premio FAD. Coderch murió el 5 de noviembre de 1984 a los 70 años. Él formó parte de los arquitectos que querían una nueva arquitectura, siguiendo los pasos de Europa, abandonando los historicismos y las soluciones constructivas predefinidas del periodo anterior a la guerra. La producción arquitectónica de José Antonio Coderch comprende 296 proyectos catalogados, que incluyen viviendas unifamiliares y edificios residenciales, así como edificios comerciales, industriales e institucionales. Su obra incluye una vasta gama de estudios de edificios de oficina así que, para lograr el resultado de los edificios Trade, Coderch ya poseía un bagaje extenso y rico.

2.1.4 UNA MIRADA A LA ARQUITECTURA CORPORATIVA DE CODERCH

A través de una recopilación de proyectos de edificios corporativos planteados por el arquitecto Josep Antonio Coderch, intentamos hacer un análisis de como él veía la arquitectura de los negocios y como intentaba inserirla en el medio urbano.

En orden cronológico, citamos seis proyectos de torres corporativas proyectadas por Coderch para concursos y encargo que, en algunos casos, como es el de los Edificios Trade, han sido consolidadas. Analicemos, entonces, algunos archivos fotográficos y planos de los proyectos:

Concurso para el Banco Transatlántico, Diagonal, Barcelona, 1956

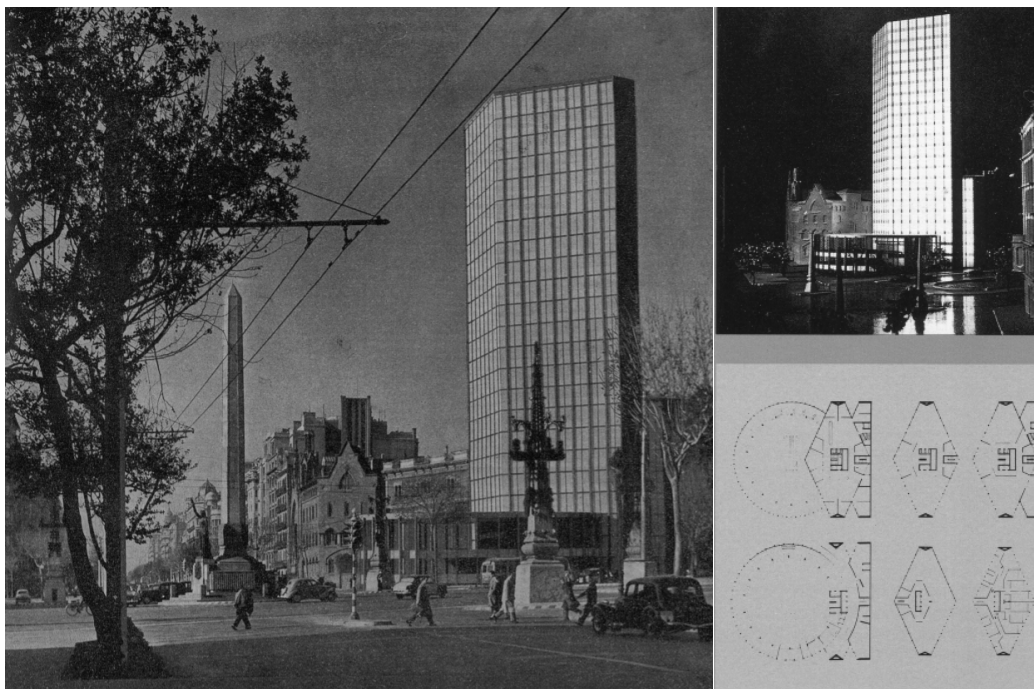


Ilustración 15: Propuesta Banco Transatlántico. Fotomontaje de día. Fuente: Arquitectura y decoración... 1956.

En este proyecto para el concurso del Banco Transatlántico el arquitecto empieza a explotar el potencial del uso de muro cortina en edificios altos, garantizando la entrada de luz natural y sus efectos luminosos durante la noche. Se nota también que el arquitecto utiliza ángulos no convencionales a través de una planta en forma de diamante, que garantiza vistas exteriores en grande parte de la torre. Se trata de un edificio en la tradición del rascacielos de tipo lenticular que había explorado Le Corbusier en el rascacielos para el quartier de la Marine de Argel (1938), Gropius en el PANAM (1955-62) o Gio Ponti en la milanese torre Pirelli (1950-60). El ritmo conseguido por los montantes también

parece ser importante para el arquitecto, configurando un orden y resaltando la simetría en su composición arquitectónica. El concurso lo gana y construye Santiago Balcells Gorina.

Concurso para la sede de Hoechst Ibérica, Travessera de Gràcia, Barcelona, 1960



Ilustración 16: Propuesta sede de Hoechst Ibérica. Fotomontaje de día. Fuente: Piñón 1976, 12

En un proyecto más modesto, de altura media, Coderch parece intentar explorar cómo es posible explotar la entrada de luz y ventilación natural en un bloque de edificios. Este concurso, realizado pocos años antes de la construcción de los Trade, posee un muro cortina que se asemeja mucho a la solución utilizada en los Trade. El antepecho parece estar marcado por perfiles metálicos y ser revestido por vidrio. En este proyecto notamos la presencia del ángulo recto en repetición escalonada, creando esquinas que permiten la entrada de luz más abundantemente en zonas internas del edificio. La esquina con el pasaje Josep Llovera se retranquea dos veces para no angostar el pasaje. La parte superior del edificio también tiene volúmenes menores, que permiten una cierta permeabilidad en el tejido urbano. Esta característica se repite en muchos edificios de Coderch, siendo una

marcada característica en su arquitectura. En este caso, el concurso lo gana y construye Josep Maria Bosch Aymerich.

Edificios Trade, Barcelona, 1965-1968

En el proyecto de los edificios Trade, Coderch consigue una volumetría bastante moderna que también sigue este concepto de confort lumínico para los edificios corporativos. Al redondear los bordes del edificio, el arquitecto aligera la volumetría y garantiza la entrada de luz natural en todas las orientaciones. El ritmo establecido por los marcos también caracteriza el valor estético de este proyecto.



Ilustración 17: Edificios Trade. Fuente: Piñón 1976, 12

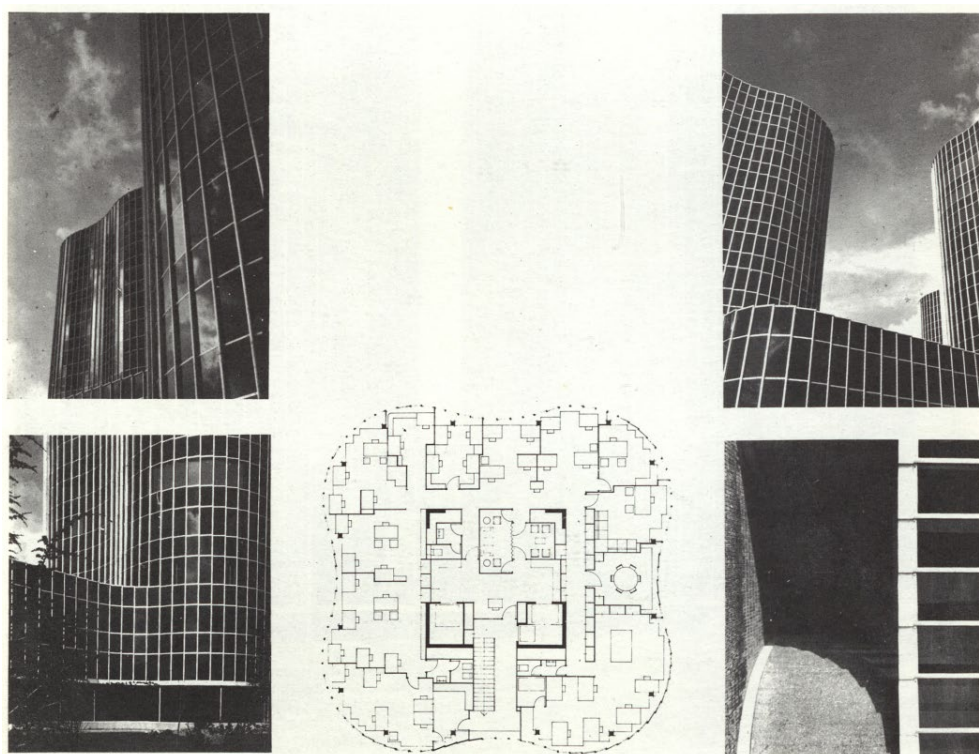


Ilustración 18: Edificios Trade. Fuente: Piñón 1976, 12

Concurso para la sede del Banco Bilbao, Complejo Azca, Madrid, 1971

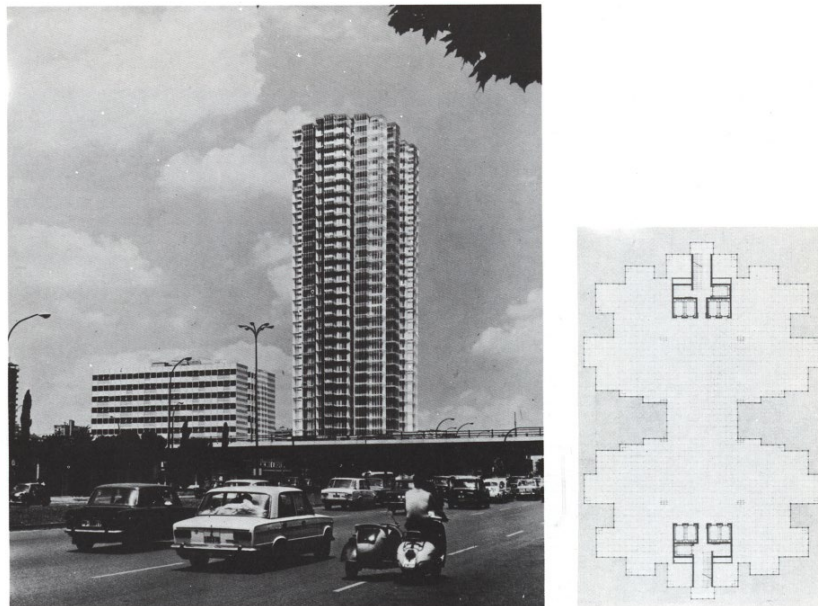


Ilustración 19: Propuesta Banco Bilbao. Fotomontaje y planta. Fuente: Capitel 1981, 12

El concurso se trataba de plantear un edificio de gran altura llamado a tener un fuerte peso en la imagen del moderno centro madrileño. El proyecto debía resolver un edificio de oficinas de unas 30 plantas, superando la dificultad de proyectarlo en un

terreno bajo el que discurre la bóveda del túnel de los enlaces ferroviarios Atocha-Chamartín, que había sido construido en los años treinta.

Coderch plantea dos torres interconectadas, más una vez con esquinas escalonadas que conforman la complejidad del volumen. Partiendo de sus esquemas modulares abstractos que le han permitido proyectar cualquier tema, responde con una imagen muy fiel a los principios de modernidad en que se inspira. A pesar de ello, su convicción en este tipo de lenguaje estético no convenció el jurado, así que el concurso lo ganó el arquitecto Francisco Javier Sáenz de Oíza.

Diseño fachadas de los Edificios Barcelona 2 (la Caixa), Diagonal, Barcelona, 1974



Ilustración 20: Edificios Caixabank. Disponible en:
https://www.caixabank.com/deployedfiles/comunicacion/Estaticos/imgs/history/1983_Sede_Caixa.jpg

Las dos torres negras de altura desigual que se destacan en la Avenida Diagonal tienen las fachadas y volumetría dibujadas por José Antonio Coderch. Las torres conocidas como La Caixa, de alturas de 85 y 48 metros «Están construidas justo al revés

de cómo las concibió Coderch, ya que él imaginó la torre más alta tocando la Diagonal como está la Torre de Agbar», según Fochs (1992).

En este proyecto uno de los más modernos y tecnológicos de la historia de Coderch, el arquitecto utilizó, por la última vez, “la estética de fachada quebrada para permitir una modulación regular de suelos y techos, así como la fácil colocación de mobiliario de oficina en su interior», explica Fochs (1992). El juego de volúmenes con entrantes y salientes se mantiene en toda la altura del edificio, y el formato casi circular de las plantas buscan la entrada de luz en todas las caras. En este proyecto, Coderch vuelve a utilizar el vidrio tintado, también utilizado en los edificios Trade, dando un aspecto suntuoso y sofisticado a las torres. La carpintería en este caso se confunde con los vidrios por su color oscuro, configurando un volumen puramente negro.

2.2 EL MURO CORTINA Y LA ARQUITECTURA DE LOS AÑOS 60

El vidrio utilizado como sistema de fachada no ha podido enseñar todo su potencial tecnológico hasta el siglo XX. La permeabilidad, objetividad, transparencia y abstracción posibilitada por la materialidad del vidrio empezó a ser explotada de manera empírica tras la tragedia del incendio de Chicago de 1871. La planificación moderna de las metrópolis de los Estados Unidos fue una consecuencia directa de este masivo incendio que devastó la ciudad de Chicago a fines del siglo XIX. La ciudad tuvo que experimentar un rápido proceso de reconstrucción, donde se hubo que desarrollar un sistema de construcción rápido, de bajo costo, y que permitiera edificios ligeros y con grandes alturas. Fue en este momento que surgieron los primeros rascacielos, tipo de construcción que dictó el desarrollo de las áreas urbanas del país en las siguientes décadas, y que tuvo grande difusión internacional a partir del siglo XX.

El sistema de cerramiento de muro cortina se configura por sus características ligeras, por ser compuesto mayoritariamente de vidrio (aunque pueden usarse cualquier tipo de paneles ligeros de relleno), y estructura metálica autoportante, en forma de retícula, que se encuentra anclada a los forjados de un edificio.

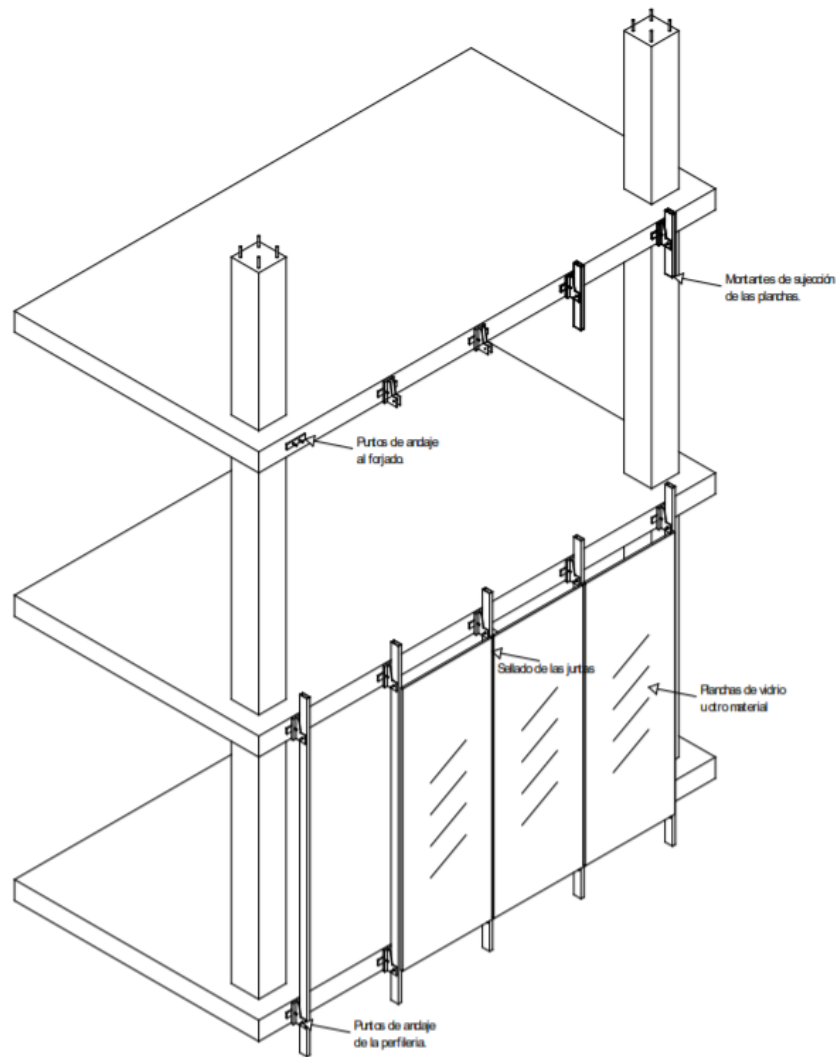


Ilustración 21: Detalle del proceso constructivo de un Muro Cortina tradicional. Fuente: (Boada 2013)

Según Ramón Araujo, el muro cortina es “el sistema constructivo que ha dado forma, como ningún otro, a la arquitectura inmaterial soñada por el movimiento moderno”.

Para entender los edificios de Barcelona de los años 60, también es necesario entender la globalización de una arquitectura generalizada bautizada como arquitectura de estilo internacional. En esta corriente arquitectónica el vidrio y el metal son materiales exponencialmente potentes para dar características a las construcciones que siguen este estilo y fueron muy difundidas a través de las obras de Mies van der Rohe,

Es también en la década de los cincuenta que se empieza a producir y comercializar el vidrio flotado, que supuso un gran salto cualitativo en la producción del vidrio. Así, las principales ciudades de los países más desarrollados empezaron a verse pobladas de edificios revestidos de vidrio.

Se destacan en este período, los edificios administrativos, que se resolvían con una fachada ligera totalmente vidriada y perfilería de metálica. La gran problemática generada por este material es el sobrecalentamiento interior de los espacios a causa del elevadísimo factor solar (FS-80-85 %) del vidrio transparente. Pero este desafío ha podido ser superado, según los estándares de la época, mucho menos rigurosos que los actuales, gracias al tintado de los vidrios. Los vidrios tintados también debían ser templados para soportar el proceso de tintado, llegando a alcanzar niveles de factor solar de FS-60 %. (Boada 2013)

Aun así, quedaban muchos puntos delicados por resolver. El confort interior se veía muy perjudicado por el uso de láminas de vidrio simple, monolíticas, con niveles de transmitancia térmica (U) elevados y los consecuentes problemas asociados, como la excesiva pérdida de energía al exterior en invierno, el efecto invernadero en verano. De esta forma, las rehabilitaciones actuales deben tener en cuenta estos factores, a fin de encontrar maneras de mejorar las prestaciones de estos muros cortina, intentando mantener los aspectos arquitectónicos de los mismos.

2.3 LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LA ARQUITECTURA MODERNA

La segunda mitad del siglo XX ha sido un periodo marcado por innumerables descubrimientos de avances tecnológicos en la arquitectura de esta época. La posibilidad de construir grandes rascacielos con fachadas ligeras reconfiguró el dibujo urbano de las ciudades, definiendo un nuevo aspecto sofisticado y tecnológico en ciudades de todo el mundo. El estilo internacional, regido por Mies van der Rohe caminó por todos los continentes y reconfiguró barrios enteros. En países en crecimiento las enseñanzas de Le Corbusier y del movimiento Bauhaus han creado dogmas en la nueva arquitectura haciendo incluso ciudades enteras basadas en esta estética, como por ejemplo Brasilia, proyectada por los arquitectos Oscar Niemeyer y Lucio Costa.

Toda esta carga arquitectónica generada entre los años 50 y 80 produjo una gran cantidad de patrimonio arquitectónico que debe ser cuidado y mantenido. A pesar de ello, cuestiones como el aislamiento térmico, hoy determinantes, no se consideraban prioritarias en el escenario de “optimismo tecnológico” y arquitectura “High Tech” de

esta época. Esta tipología se basaba, precisamente en el alarde tecnológico de los sistemas, como vemos en Lloyds Bank, y Centro Pompidou.

Estas construcciones del movimiento High-tech, en general, aprovechaban menos las propiedades materiales que los cerramientos tradicionales, porque se perdía, precisamente, la “materialidad”: una fachada ligera tiene menos masa y, en consecuencia, menos inercia térmica que los cerramientos tradicionales. Además, el desarrollo tecnológico de la época aún no permitía producir materiales muy ligeros con altas prestaciones térmicas. Incluso cuando ya se establecen las primeras exigencias de aislamiento, éste se realiza con sistemas constructivos precarios, como muros con cámara de aire y carpinterías de bajas prestaciones. Además, los nuevos edificios corporativos, en su mayoría, presentaban pieles estancas, sin ninguna ventilación natural, dependiendo sumamente de instalaciones para garantizar el confort térmico y lumínico (Araújo, 2010).

A partir de la primera crisis energética de los años 70, los edificios de nueva construcción deben estar concebidos y contruidos normativamente de forma que su consumo energético sea reducido. Nuestros actuales estándares exigen, además de unos niveles de aislamiento térmico por transmisión muy superiores a los de hace pocos años, que los edificios demanden poca energía para garantizar el confort, y con un objetivo general en las ciudades actuales, tener edificios lo más pasivos posible.

Sin embargo, la mayoría de las ciudades europeas ya están bastante consolidadas, así que tenemos que tener en cuenta que construir nuevos edificios nos demanda mucha energía y emisiones de CO₂. En esta perspectiva, la construcción más sostenible posible consiste en rehabilitar edificios existentes.

Es cierto que una rehabilitación también demanda energía, pero ésta es bastante más reducida que si necesitamos construir desde la etapa cero. Además, ya tenemos espacios urbanos sobreexplotados, de modo que aprovechar el patrimonio construido parece ser la opción óptima en los tiempos actuales.

Este procedimiento nos impone ciertos desafíos, porque interferir en la malla urbana construida es un acto delicado cuando tratamos de edificios catalogados o de gran valor patrimonial. Incluso, edificios clasificados como patrimonio quedan exentos del cumplimiento de los requerimientos de eficiencia energética del CTE en España. Sin embargo, esta es una cuestión que ya ha sido bastante discutida y hay una creciente opinión de que los edificios patrimoniales “no pueden quedar completamente al margen

de la voluntad de adecuación a la sostenibilidad energética, siendo los propietarios y gestores de edificios patrimoniales los principales interesados.” (González et al. 2013).

Es evidente que estas construcciones deben tener un cuidado especial, respetando sus valores arquitectónicos originales a fin de mantener el carácter histórico de la malla urbana. Ramon Araújo (2010) defiende que hay una regla esencial en la rehabilitación de edificios modernos, que consiste en “no alterar el comportamiento físico del edificio sobre el que se interviene, mantener sus reglas, respetar sus principios, y nunca dejarse llevar por la idea de que nuevas soluciones o técnicas están por encima de ese principio.” De esta manera, se debe respetar el edificio en el cual se interviene.

A fin de plantearse una buena rehabilitación energética es necesario tener en cuenta 3 factores fundamentales en su respectivo orden de importancia y facilidad:

- 1) La gestión de los usuarios
- 2) Un buen cerramiento de fachadas y aislamiento térmico
- 3) Instalaciones eficientes

Generalmente, estas tres etapas se desarrollan de manera inversa, cuando en realidad deberían caminar juntas. Lo esencial para un buen resultado energético de una construcción está en los usuarios, así que es importante educarles y corresponsabilizarlos en cómo se debe utilizar cada espacio habitable de un edificio. La parte tecnológica viene acoplada a la gestión, aportando materiales y sistemas con prestaciones sostenibles a fin de aportar al patrimonio existente, una vida útil más confortable y más extensa.

2.4 DIRECTRICES PARA UNA ARQUITECTURA NEARLYZERO

Los llamados nZEB (Nearly Zero Energy Buildings) pueden ser definidos como edificios con un rendimiento energético muy alto donde la cantidad de energía requerida para su funcionamiento es casi nula o muy baja, de acuerdo con la Directiva sobre eficiencia energética de los edificios (Energy Performance of Buildings Directive - EPBD, 2010/31 / UE).

La Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios establece que cada Estado miembro debe especificar la definición exacta de un edificio que consume energía casi cero, manteniendo, sin embargo, una definición general:

"Construir con un alto nivel de eficiencia energética requiere que (...) la cantidad casi nula de energía requerida debe cubrirse, en gran medida, por una energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida *in situ* o en el medio ambiente".

En este escenario, es necesario diferenciar el concepto casi Zero Energy Building (nZEB) del concepto Net Zero Energy Building (NZEB), que se refiere a un edificio con equilibrio de potencia cero. En otras palabras, en el segundo caso, la cantidad total de energía utilizada por el edificio es aproximadamente igual a la cantidad de energía renovable generada a través de sus sistemas.

Como se indica en la Directiva 2010/31/UE, las medidas para mejorar la eficiencia energética de los edificios deben tener en cuenta las condiciones climáticas, las condiciones de confort interior y la rentabilidad de los elementos del recinto y del equipamiento instalado en el edificio.

En la mayoría de los países, las definiciones de nZEB se refieren a la energía primaria máxima como uno de los principales indicadores. En algunos casos (por ejemplo, los Países Bajos y la región belga de Flandes), el consumo de energía primaria del edificio se evalúa a través de un coeficiente no dimensional, que compara el uso de energía primaria de los edificios que serán analizados con un edificio de 'referencia' con características de orientaciones y geometrías similares (Nearly Zero Energy Buildings, 2015).

En otros países (por ejemplo, Reino Unido, Noruega y España) se utilizan, como indicador principal, las emisiones de carbono. Ya en países como Austria y Rumania, las emisiones de carbono se utilizan como un indicador para complementar el uso de energía primaria.

En general, debido a las diferentes metodologías de cálculo, condiciones climáticas y tipología de la construcción, el nivel máximo de energía primaria para edificios no residenciales en Europa varía de 0 a 270 kWh/m²/año. En todo el caso, en España, es necesario controlar las emisiones de carbono, así que, implementar las características nZEB es un objetivo bastante exigente en obras existentes. Por este motivo, es fundamental tomar en cuenta los aspectos de impacto ambiental de materiales, y los aspectos económicos relacionados a la obra de rehabilitación, para establecer estrategias equilibradas y reales.

Según el documento “Edificis de consum d’energia gairebé zero” (Casaldàliga et al. 2017), los principios que deben ser tomados en cuenta en Catalunya son la demanda de energía, el porcentaje de energía renovable utilizada, la energía primaria utilizada y las emisiones de CO₂. De esta forma, el presente trabajo deberá plantear soluciones que tomen en cuenta estos requisitos.

2.5 NORMATIVA BÁSICA PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

A fin de tener algunos criterios básicos para el desarrollo de este documento, especificamos algunos términos clave sobre eficiencia energética, según el Documento Básico “DB HE Ahorro de energía”. Esta normativa tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía y divide el consumo energético en 6 partes:

HE 0 Limitación del consumo energético

HE 1 Limitación de la demanda energética

HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas

HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

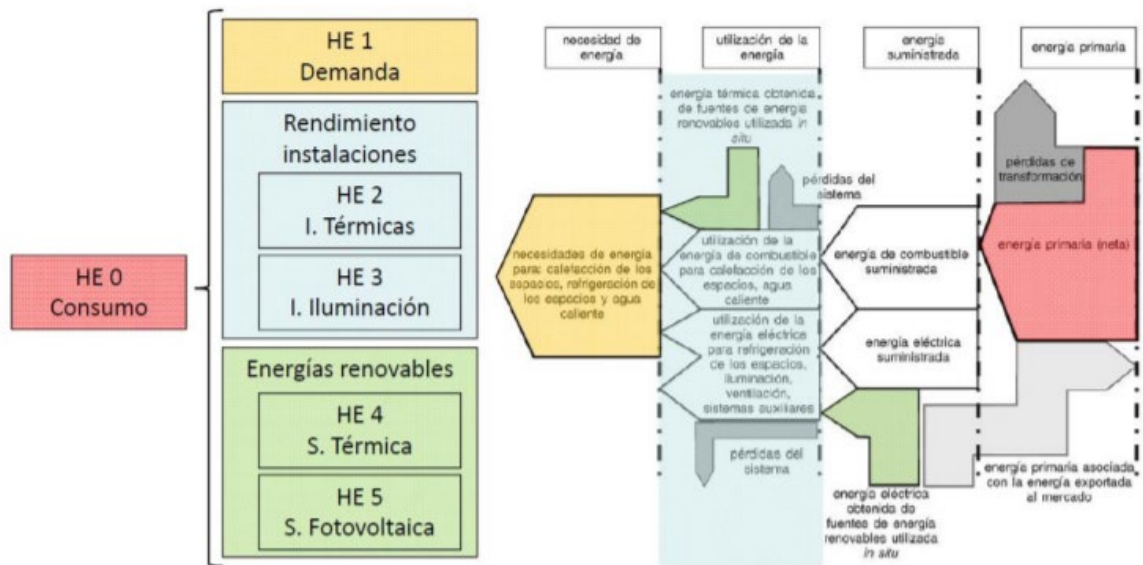


Ilustración 22: Esquema de división del consumo energético. Disponible en:
https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/14179/mod_resource/content/1/1_DBHE2013_HE0_HE1.pdf

Según la normativa DB HE, el consumo energético se define como:

- Energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios de calefacción, refrigeración, ACS y, en edificios de uso distinto al residencial privado, de iluminación, del edificio, teniendo en cuenta la eficiencia de los sistemas empleados.
- En el contexto de DB HE se expresa en términos de energía primaria y en unidades $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

Las exigencias básicas de ahorro de energía (HE) consisten en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, tal como la normativa europea establece. El Documento especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía. Para edificios existentes el documento prevé los siguientes criterios:

Criterio 1: no empeoramiento

Salvo en los casos en los que en este DB se establezca un criterio distinto, las condiciones preexistentes de ahorro de energía que sean menos exigentes que las establecidas en este DB no se podrán reducir, y las que sean más exigentes únicamente podrán reducirse hasta el nivel establecido en el DB.

Criterio 2: flexibilidad

En los casos en los que no sea posible alcanzar el nivel de prestación establecido con carácter general en este DB, podrán adoptarse soluciones que permitan el mayor grado de adecuación posible, determinándose el mismo, siempre que se dé alguno de los siguientes motivos:

- a) en edificios con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando otras soluciones pudiesen alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, o;
- b) la aplicación de otras soluciones no suponga una mejora efectiva en las prestaciones relacionadas con el requisito básico de “Ahorro de energía”, o;
- c) otras soluciones no sean técnica o económicamente viables, o;

d) la intervención implique cambios sustanciales en otros elementos de la envolvente sobre los que no se fuera a actuar inicialmente.

En el proyecto debe justificarse el motivo de la aplicación de este criterio de flexibilidad. En la documentación final de la obra debe quedar constancia del nivel de prestación alcanzado y los condicionantes de uso y mantenimiento, si existen.

Criterio 3: reparación de daños

Los elementos de la parte existente no afectados por ninguna de las condiciones establecidas en este DB, podrán conservarse en su estado actual siempre que no presente, antes de la intervención, daños que hayan mermado de forma significativa sus prestaciones iniciales. Si el edificio presenta daños relacionados con el requisito básico de “Ahorro de energía”, la intervención deberá contemplar medidas específicas para su resolución.

Estos criterios sirven de guía y justificativa para aplicar las medidas de mejora de manera acorde con la normativa española, manteniendo el fuerte carácter patrimonial arquitectónico de los Edificios Trade de Barcelona y mejorando sus prestaciones energéticas.

3. METODOLOGÍA UTILIZADA

El desafío en los edificios Trade de Barcelona está principalmente relacionado con la envolvente de muro cortina, solución constructiva implementada por el arquitecto José Antonio Coderch a fin de aligerar la volumetría planteada para el proyecto de las torres de oficinas de Barcelona. El proyecto inicial partía de una ordenación aprobada en el Ayuntamiento que contaba con un volumen que, al principio, se distribuía en cuatro torres de formas prismáticas de 20 m x 20 m, y con una altura de PB+10 plantas, y un cuerpo de planta rectangular en la parte inferior que unía tres de ellas.

Cuando el proyecto fue encargado al arquitecto Coderch, una forma inicial le condicionaba a seguir una composición obligatoria, que no correspondía a su arquitectura. La poca esbeltez configurada en esta volumetría ha orientado al arquitecto a proyectar edificios con formas sinuosas.

El método constructivo definitivo elegido para el proyecto fue el muro cortina en diente de sierra, adaptándolo a la sinuosidad del nuevo dibujo del complejo y aligerando la volumetría inicialmente propuesta. La curva convexa de las esquinas encuentra su contrapunto en la cóncava, generando sombras y reflejos distintos en cada trecho de fachada. A pesar de ello, las cuatro torres del complejo presentan comportamientos de sombras parecidos, cuando cada torre es analizada de manera singular. Ya si inspeccionamos la influencia de la orientación solar, notamos una exposición a la luz solar más elevada en la torre Oeste.

De esta forma, la metodología de investigación utilizada en este trabajo se basa, en principio, en una pre diagnosis del estado actual de los edificios a fin de proponer medidas de mejora de la envolvente que sean sostenibles y respetuosas con el patrimonio arquitectónico construido.

Presentamos el esquema básico de desarrollo del trabajo, organizado en fases para aclarar el escenario de inicio de los trabajos. (Bosch, Ruiz, López y Rodríguez, 2006)

- Fase 1: prediagnosis y recogida de datos

Explica la arquitectura y construcción del muro cortina de los edificios Trade, las instalaciones y el perfil de uso y actividades.

- Fase 2: análisis y evaluación de datos

Analiza datos arquitectónicos, constructivos, de sistemas de instalaciones, de consumo, intensidad de usos y condiciones de confort y evalúa a partir de comparación o programas de simulación.

- Fase 3: Diagnóstico y líneas de actuación

Identifica los puntos débiles del edificio y expone líneas de actuación para mejorarlo.

- Fase 4: Propuestas de intervención

Propone las soluciones consideradas más positivas para la mejora energética del edificio y el mantenimiento del patrimonio arquitectónico.

El método de análisis se ha realizado en dos fases: primero a partir de datos de consumos energéticos recogidos a través de entrevistas; luego se utilizaron programas de simulación energética disponibles en plataformas digitales, como los programas CE3X y Design Builder y a partir de ellos se obtuvieron los resultados de las prestaciones de los sistemas constructivos de envolvente y cubierta de la torre. A partir del análisis de los datos mostrados en los gráficos generados y de un estudio profundizado de evaluación de los resultados se pretende proponer medidas de mejora de la envolvente.

Entre los objetivos de esta investigación nos hemos impuesto la preservación de la moderna imagen exterior ideada por Coderch, ampliando y mejorando la vida útil de edificios representativos de la historia de la ciudad, implementando condiciones de confort acordes con las exigencias de habitabilidad actuales. Además de esto, a largo plazo, se supone que el edificio tendrá un carácter sostenible, por disminuir los gastos energéticos y las emisiones de carbono originalmente generados, posibilitando así, extender la vida útil del patrimonio construido de manera confortable y durable.

4. ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

4.1 LA PIEL

El lenguaje arquitectónico de los edificios Trade se caracteriza por su transparencia, fluidez, reflejos y coloración de tonos grises. La gran responsable por estos aspectos es la piel, que, como es sabido, utiliza un sistema constructivo innovador de la época llamado muro cortina que, agregado a la volumetría del edificio proporciona reflejos inigualables. Gracias al proceso de vidrio flotado, desarrollado en 1954 (Benito y Raya 1999), que posibilitaba la fabricación de láminas de vidrio muy planas y de dimensiones considerables, el sistema de fachadas acristaladas ha sido desarrollado, utilizando un mecanismo de anclaje del vidrio a estructuras metálicas reticulares.

Una de las grandes ventajas del muro cortina es la rapidez de montaje que este sistema provee. Sin embargo, el proyecto debe estar muy bien resuelto, para que el montaje sea facilitado. En el caso de los edificios Trade uno de los desafíos se daba por su forma sinuosa, que no posibilitaba soluciones tan sencillas. Inicialmente, la solución más lógica era buscar un elemento prefabricado que resolviera la fachada, tal como se haría inicialmente con las torres prismáticas, utilizando una carpintería estandarizada de aluminio, para resolver las ventanas de manera que se agilizase la construcción y no se generaran gastos excesivos. A pesar de ello, los montantes existentes en el mercado no atendían a la necesidad estética y constructiva del proyecto, así que, en 1966, Coderch presenta un documento con geometría curva, y con muro cortina en diente de sierra.



Ilustración 23: Construcción de los edificios Trade con anclado del muro cortina. Fuente: Corbetta y Pares 2005.

En 1968, cuando la estructura del edificio ya está construida, se empieza la colocación de los montantes fijados en los antepechos de las torres. Los montantes principales tienen una altura de aproximadamente 6 metros, y, por tanto, eran anclados a través de escuadras que se disponían en antepechos alternados. Estos montantes estaban separados a 80 cm de distancia, lo que configura el ritmo de fachada en el edificio. Los montantes se sujetan por la parte inferior y superior de manera que el montante se mantenga estable en casos dilataciones y retracciones, pero es la sujeción inferior la que aguanta los esfuerzos y tensiones producidos por el muro cortina.

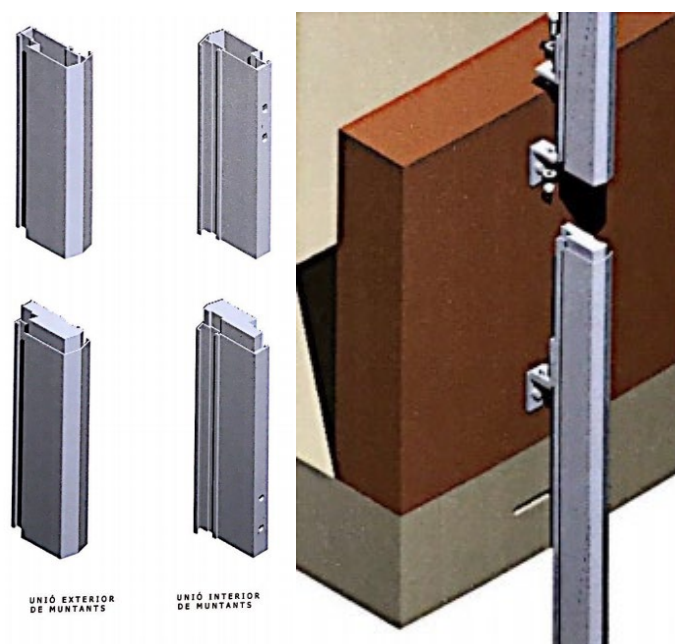


Ilustración 24: Detalle de la unión de los montantes. Fuente: Corbetta y Parés 2005.



Ilustración 25: Etapas de construcción del muro cortina. Fuente: Corbetta y Parés 2005.

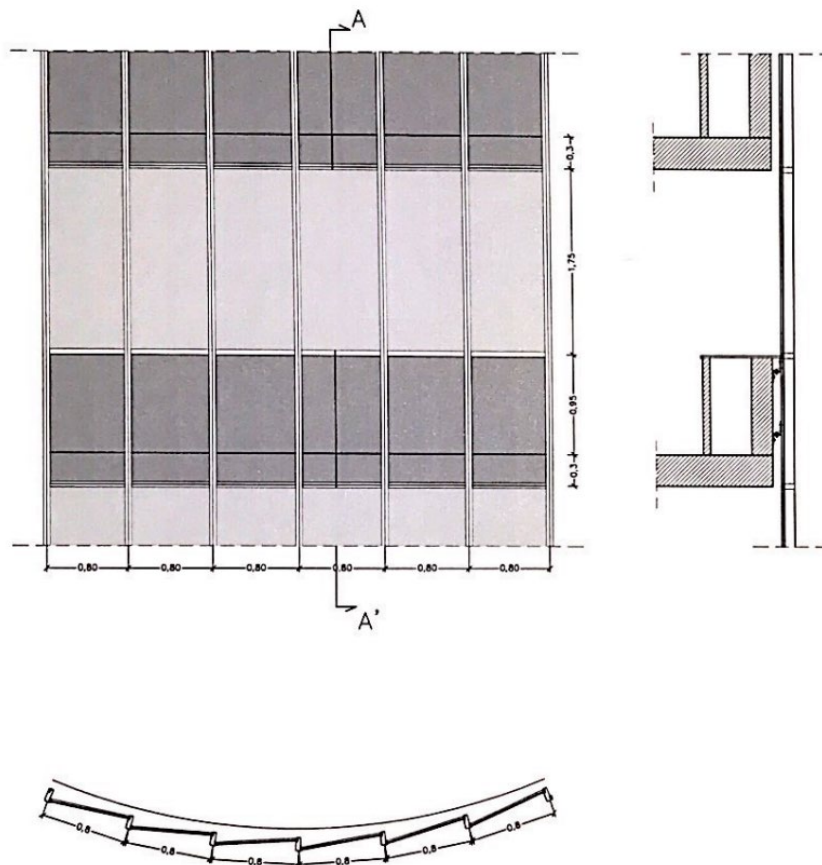


Ilustración 26: Alzado, sección y planta del muro cortina. Fuente: Corbetta y Parés 2005.

Además del sistema de montaje, una de las particularidades del proyecto es la elección del tipo de vidrio. El vidrio elegido para la piel de los edificios Trade es un vidrio tintado Parsol de color gris de 6 mm fabricado por Cristalera Española. Los vidrios tintados, por su alto contenido en óxidos metálicos, absorben gran parte de la radiación solar, alcanzando factores solares significativamente más bajos que los vidrios transparentes. El vidrio tintado gris se consigue variando proporciones de óxidos de cobalto, níquel y selenio y añadiéndole óxido de hierro, obteniendo así, un efecto que disminuye la radiación solar en el interior del edificio. Esto ocurre gracias a la propiedad física de los óxidos metálicos que dotan al vidrio mayor capacidad de absorción, posibilitando factores solares de 40% a 60%. (Boada, 2013).

El vidrio utilizado en los Trade nos evita en un 49% la transmisión de la radiación solar, (Corbetta y Parés 2005). Este aspecto tiene sus ventajas y sus inconvenientes porque sí que se consigue un alto ahorro energético a la hora de enfriar el espacio y evita parte de las radiaciones solares, pero como contrapartida también priva la entrada de los rayos solares en épocas frías para poder aprovechar todo su calor. Los antepechos poseen una capa de vidrio que mantiene el aspecto continuo del muro cortina, pero son vidrios pintados de colores oscuros, y por lo tanto también absorben y retienen calor en fachada.

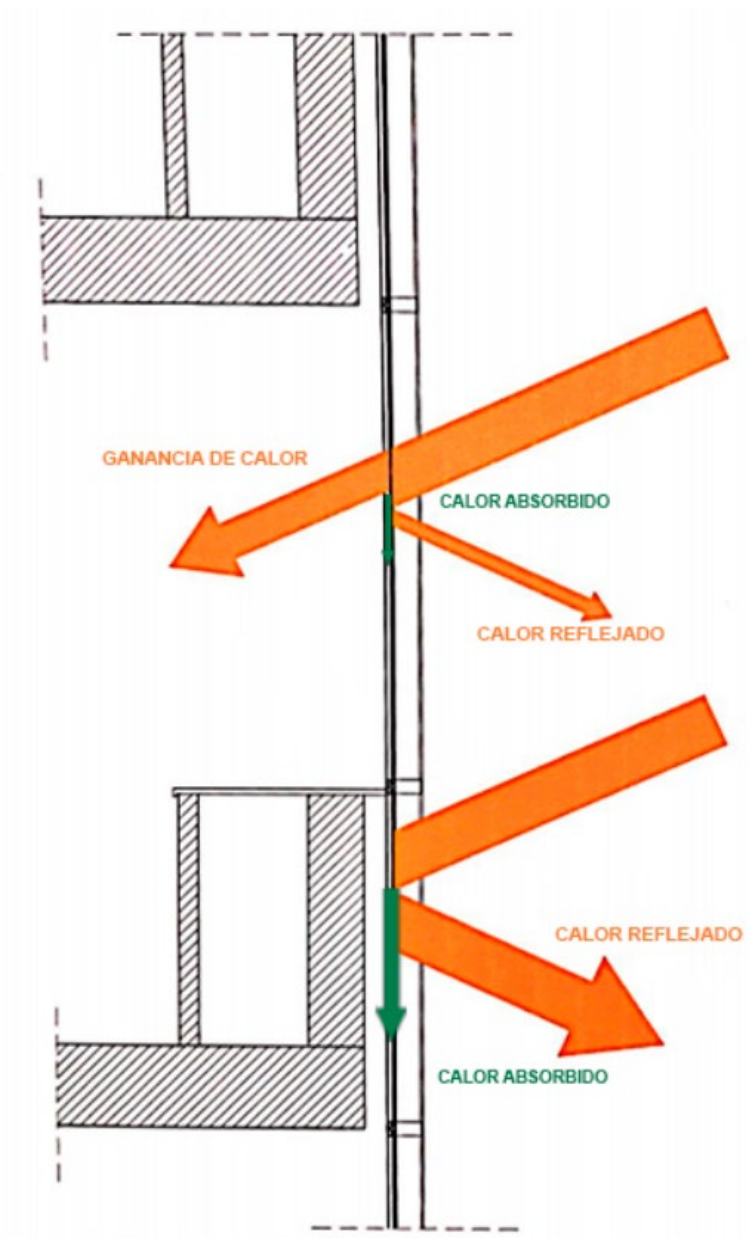


Ilustración 27: Comportamiento de los vidrios del muro cortina. Fuente: Corbetta y Parés 2005 modificado por la autora, 2019.

Es importante recordar que un muro cortina tiene requisitos de estanqueidad, y según entrevista con el administrador del edificio, los usuarios nunca se han quejado de la estanqueidad del cerramiento. Este aspecto tiene la ventaja de impedir que las condiciones climatológicas al interior del edificio, pero al mismo tiempo pueden generar un efecto invernadero en el interior del edificio que debe ser controlado a través de sistemas de ventilación natural o artificial.

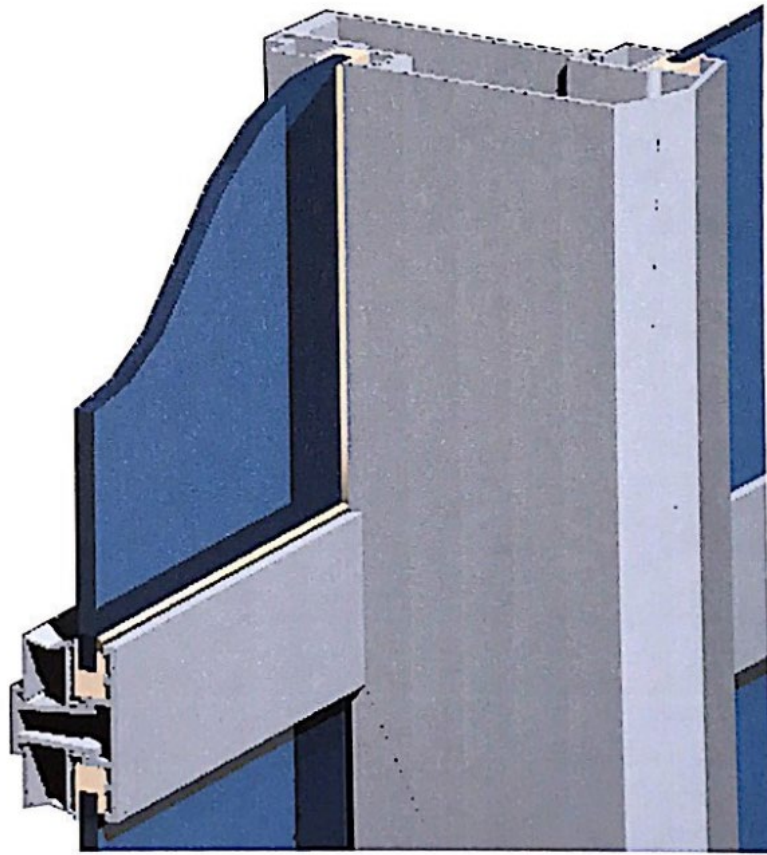


Ilustración 28: Detalles de los perfiles metálicos de la carpintería. Fuente: Corbetta y Parés 2005

CURTISA

Es la empresa con más experiencia de Europa en la fabricación de carpintería de aluminio y muros cortina. Se complace en presentar algunas de sus realizaciones, que por diversas características, son altamente interesantes:

Rascacielos Pirelli, Milán - Palacio Real de Riyadh, Arabia Saudita - Hotel Cavalieri Hilton, Roma - The Shui Building, Hong-Kong - Palais des Sports, Lyon - Aeropuerto Intercontinental "Leonardo da Vinci", Roma - Stigbyeln, Estocolmo - Palazzo dell Sport, Roma - Rafidain Bank, Bagdad - Edificio Ludwig Heumann y Co, Nuremberg - Torre Velasca, Milán - Banca Nazionale del Lavoro, Roma - Centro Suizo, Milán - Edificio Siemens, Erlangen - Stadio Olimpico di Roma - Roma.

Clinique Dr. Rizk, Beirut - Edificio Olivetti, Milán - Hotel Mont Parnes, Atenas - Palazzo di Giustizia, Milán - Banco Nacional de Fomento, Tegucigalpa - Palazzo Uffici della Montecatini, Milán - Ciudad Universitaria, Roma - Corriere della Sera, Milán - Palazzo Legislativo, Tegucigalpa - F. A. O. Palazzo della sede in Roma, Roma - Centro Rai-T.V., Milán - Palazzo del Congressi, Roma - Calcium Carbide Factory, Calcuta - Università Cattolica S. Cuore, Roma - Palazzo Uffici Philips, Roma.



TERAN CURTISA

Inicia sus actividades en Cataluña con la realización de los muros cortina y carpintería de aluminio de los Edificios Trade.

Edificios Trade - Gran Vía Carlos III - Barcelona



12.000 m² de muros cortina

CARPINTERIA DE ALUMINIO Y MUROS CORTINA

dimaco

representante exclusivo para Cataluña

Rosellón, 184. 8.º - Tel. 253 22 92 - Barcelona

Ilustración 29: Publicidad de la carpintería. Fuente: Carpintería de aluminio... 1968.

Según el administrador del edificio, cuando es necesario cambiar los vidrios del muro cortina, los vidrios son sustituidos por cristales laminados 3 + 3 de color gris. Estos cristales presentan mejor comportamiento que los antiguos, pero todavía no llegan a cumplir con los requisitos exigidos a los cerramientos actuales según normativa actual.

Debemos tener en cuenta que la piel del edificio es la misma en las cuatro torres y que es igual en todas las orientaciones, y, como sabemos, es una piel mal aislada térmicamente según los requisitos actuales. Al poseer una carpintería de aluminio sin rotura de puente térmico y vidrios simples, el muro cortina termina por crear un efecto invernadero.

Esto significa que, según la época del año, en una parte de la planta se puede tener calor debido que las radiaciones solares calientan de manera suficiente, mientras que lado norte de la planta carecerá de calor. De esta forma, veremos en el próximo capítulo, que el sistema de fachada de los edificios Trade tuvo que tener soluciones relacionadas a las instalaciones del edificio a fin de generar espacios más confortables.

4.2 SISTEMAS E INSTALACIONES

Los sistemas e instalaciones en el ámbito de la construcción civil, se traducen por un conjunto de redes y mecanismos que proporcionan servicios de iluminación, instalaciones, acondicionamiento climático y agua para una edificación. Los sistemas son responsables de garantizar las condiciones de habitabilidad del edificio, atendiendo a las necesidades energéticas del mismo, y, a su vez, sacrificando una parte de su funcionamiento, lo que designa el rendimiento de cada equipo. (Bosch, Ruiz, López y Rodríguez 2006)

Según Ramon Araújo (2010), los edificios del Movimiento Moderno no demostraban grandes preocupaciones con el uso exacerbado de sistemas y la demanda de energía, dado que, en aquella época, el coste y el consumo de energía no eran preocupación para la sociedad. De acuerdo con el autor, la arquitectura de oficinas modernas optó por abandonar "...la estrategia propia de la construcción mural a medida que se aligeraba el cerramiento, mientras que por otro lado el bajo coste de la energía llevaba a confiar a las instalaciones lo que tradicionalmente se lograba en gran medida mediante el diseño."

De hecho, este tipo de arquitectura con sistema de muro cortina solo es posible gracias a la evolución de la climatización artificial. De esta forma, muchos edificios dejaron de adoptar medidas de confort térmico y lumínico relacionadas con los cerramientos, estrategias de ventilación natural y control de iluminación natural, apostando toda su eficiencia en las instalaciones mecánicas.

En el caso de los edificios Trade, tenemos un muro exterior transparente y sin persianas, proyectado para proporcionar vistas y entradas de luz para todos los usuarios. A pesar de ello, la piel está poco aislada por configurarse de materiales obsoletos y de malas prestaciones para los estándares actuales. El espacio energético de los Trade se destinaba, por tanto, a ser la sobreposición de nuevos sistemas sobre un espacio estructural. El contorno y cerramiento se presentaron como un elemento de barrera o filtro tan defectuoso como el muro cortina, que tiene un funcionamiento ambiental inadecuado para las necesidades de confort y consumo actuales. La baja inercia térmica del sistema de muro cortina, significa que tendremos que estar ambientando constantemente el espacio interno, porque el vidrio sin tratamiento es permeable al frío y al calor. El

cerramiento acristalado de los Trade también es absolutamente estanco, poseyendo ventanas practicables solamente en locales de mantenimiento, como en las cajas de escaleras de cada torre, por ejemplo. La ventilación y climatización interna está, por tanto, obligada a ser proyectada como un sistema completamente mecánico.

Según Corbetta y Parés (2005), las plantas entresuelo son el único testimonio que podemos decir que ilustra la particular solución de incluir en el grueso de los forjados el paso de las instalaciones. El tratamiento que se hace no es exactamente como el que se describe en los detalles del proyecto, donde se disponían armaduras longitudinales y cercos a la manera de un armado de viga. A partir de las fotografías, en cambio, estos conductos parecen formar parte del material, aliviando el forjado, a ambos lados de los que se disponen las armaduras de nervios adicionales. Sólo se envuelven de armado cuando los conductos pasan próximos a los ábacos de los pilares, que extienden sus redondos de acero hasta cubrirlos. Quizá es por este motivo que en alguna de las torres la climatización no llega a dar el rendimiento deseado. Un motivo que nos habla de la posibilidad de que en el hormigonado de los forjados algunos de los conductos de aire acondicionado, de dimensiones considerables, quedaran parcialmente dañados bajo el peso del vertido de hormigón.

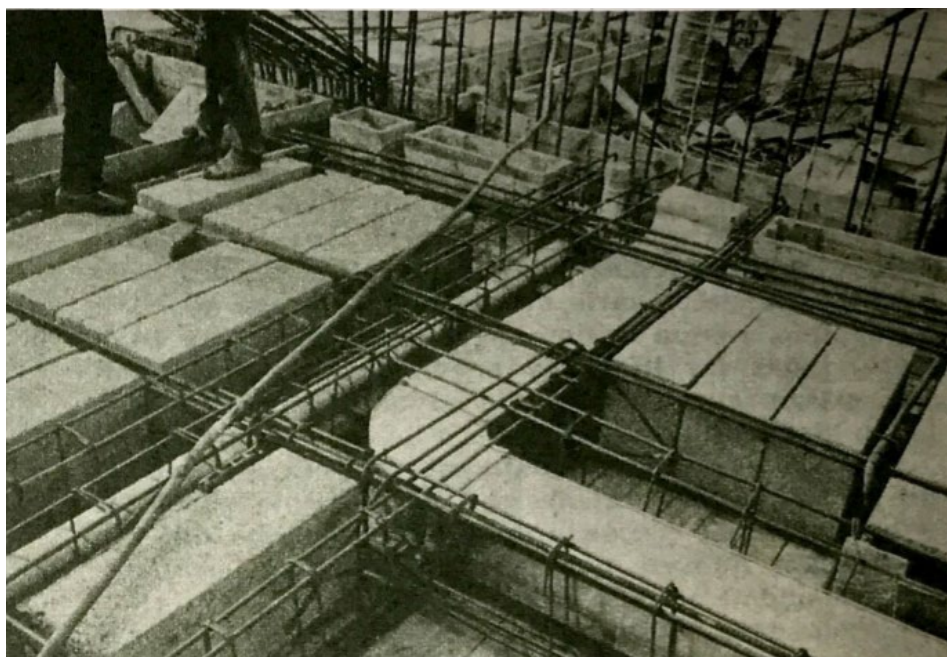


Ilustración 30: Conductos en el grueso de los forjados. Fuente: Corbetta y Parés, 2005.

En cuanto a las condiciones internas de cada planta, el balance térmico que se habría tenido que tener en cuenta cuando se calculó la climatización original, debía contemplar la densidad de personas que se preveía, la iluminación artificial que se instalaría y las radiaciones solares según la orientación, además de tener en cuenta que unas torres proyectaban sombras a otras torres, sombras que variaban a medida que pasaban las horas, y diferentes de unas estaciones a otras.

Así, según Esteban Riba Tabia, el sistema original de climatización del complejo se configuraba a base de ventiloconvectores (Fan coil units) a diversos tubos, que, en realidad, nunca podrían resolver el grave problema de absorción de las cargas exteriores, con adecuada zonificación para las diferentes orientaciones. De acuerdo con Riba, Coderch era sumamente consiente de este desafío y, a fin de aminorar el problema, se planteó que la zona exterior y la zona central de planta requerirían un tratamiento climático diferente, dividiendo las zonas de despachos de la zona de comunicación vertical y servicios. Además, subdividió las zonas exteriores según la orientación. Esto llevaba a una zonificación de zonas interiores y entonces, en las zonas exteriores, otra de acuerdo con la orientación. Estas zonas son llamadas cuadrantes.

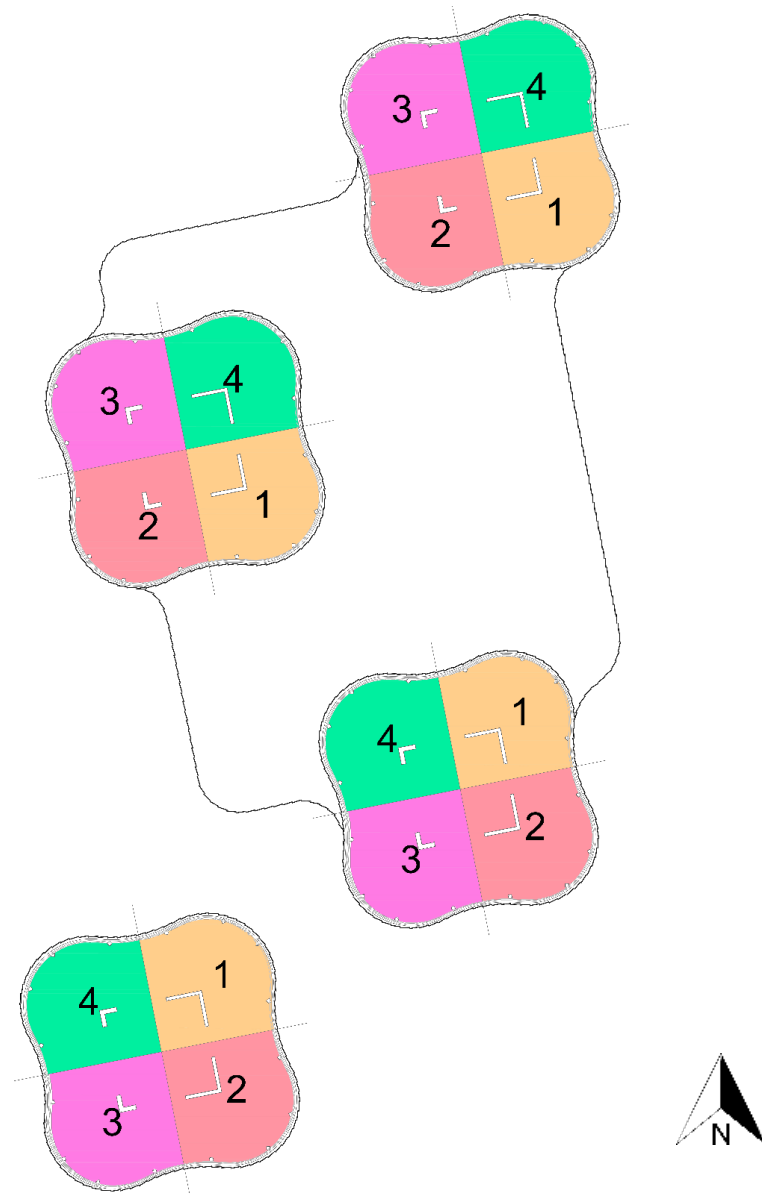
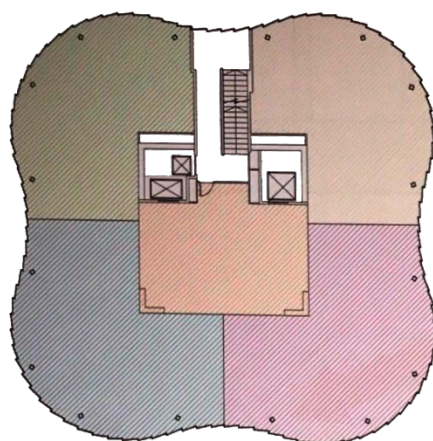
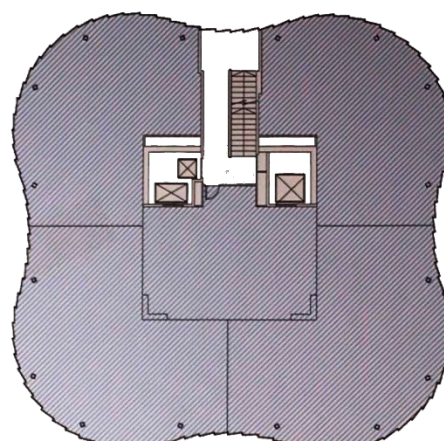


Ilustración 31: Zonificación de cuadrantes de las torres. Fuente: Autora, 2019.

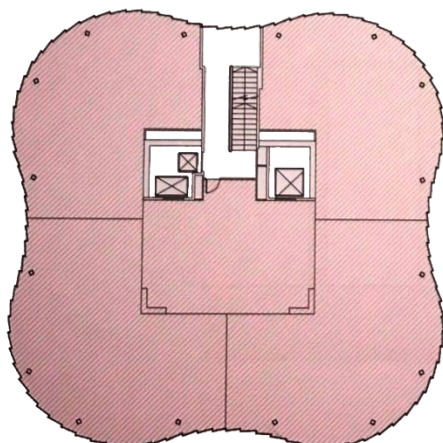
Las plantas se pensaron independientes entre ellas para solucionar el problema de las sombras que unas torres proyectaban sobre las otras. Un problema que se les planteaba en las estaciones de primavera y otoño, las épocas en que no hace ni tanto frío ni tanto calor, era que, debido a la gran superficie vidriada, en algunos casos se podía dar que mientras en algunas zonas era preciso calentar para contrarrestar el frío exterior, en otras, debido a la radiación solar debía refrigerarse. Esto significaba que, a menudo, en algunas horas y en algunas plantas debería inducirse aire frío y caliente simultáneamente, eso sí, en diferentes zonas.



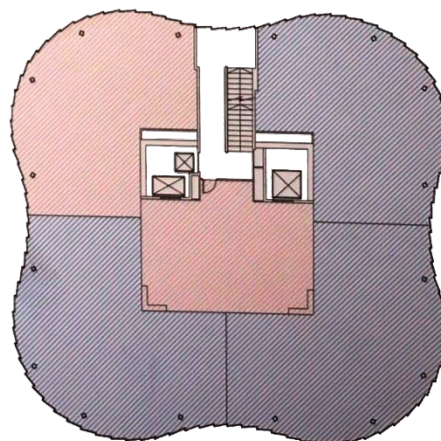
Zonificación planta tipo



Expulsión de aire fresco
En caso que haga calor, como
verano o finales de la primavera



Expulsión de aire caliente
En caso que haga frío, como en
invierno o finales del otoño



Expulsión de aire fresco y aire caliente
Cuando hace frío en el exterior del edificio pero en
zonas donde hay radiación solar se el espacio se
calenta demasiado.

Ilustración 32: Funcionamiento de zonas de climatización. Fuente: Corbetta y Parés, 2005, modificado por la autora.

La impulsión de aire se hace a través de conductos acoplados a los pilares estructurales, y se distribuyen por fan coils instalados en cada despacho.

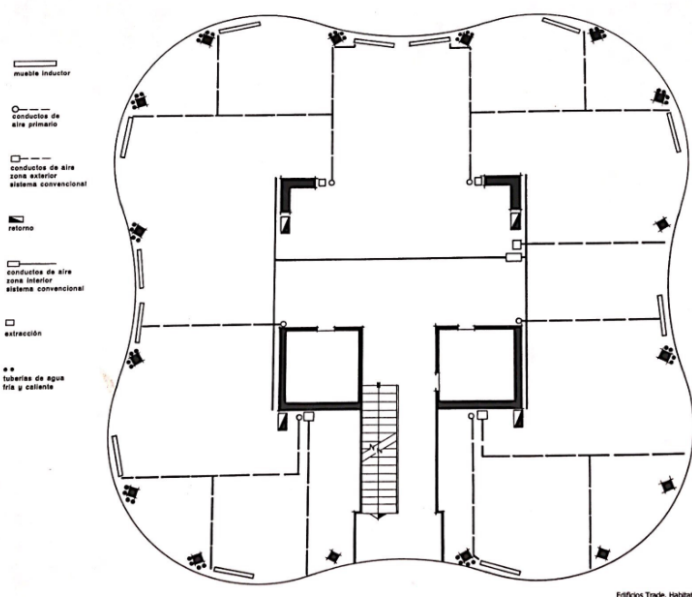


Ilustración 33: Planta de instalaciones. Fuente: Corbetta y Parés, 2005.

Según datos recopilados en una entrevista con Jordi Castillo, actual administrador de los edificios Trade de Barcelona (2019), los sistemas originales de calefacción y refrigeración se trataban de calderas estándares con funcionamiento a gasoil y el sistema de refrigeración funcionaba a través de torres de refrigeración y plantas enfriadoras eléctricas.

Estado anterior a 2015 – Sistema de refrigeración:

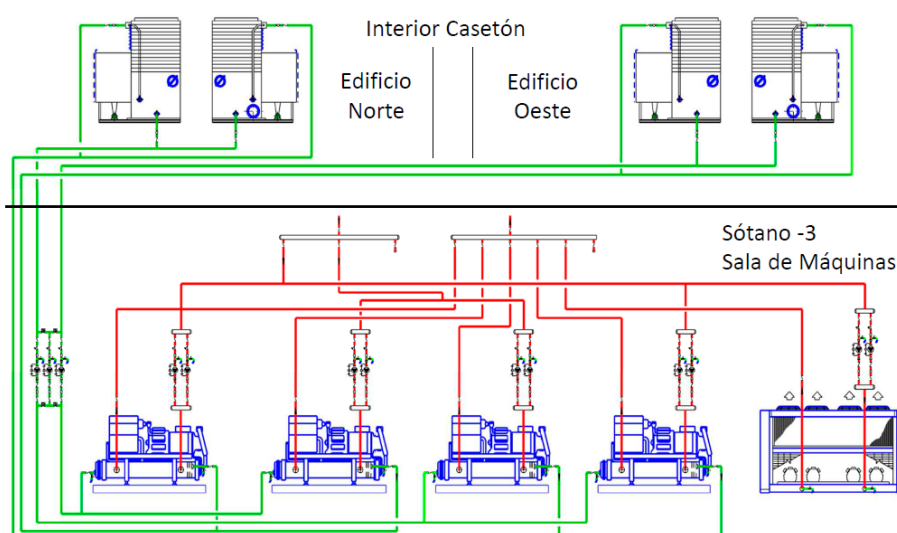


Ilustración 34: Esquema de instalaciones de refrigeración original. Fuente: VEOLIA, 2019.



**Plantas
Enfriadoras**



**Torres
Refrigeración**



Ilustración 35: Ubicación y fotos de instalaciones de refrigeración original. Fuente: VEOLIA,2019.

Estado anterior a 2015 – Sistema de Calefacción:

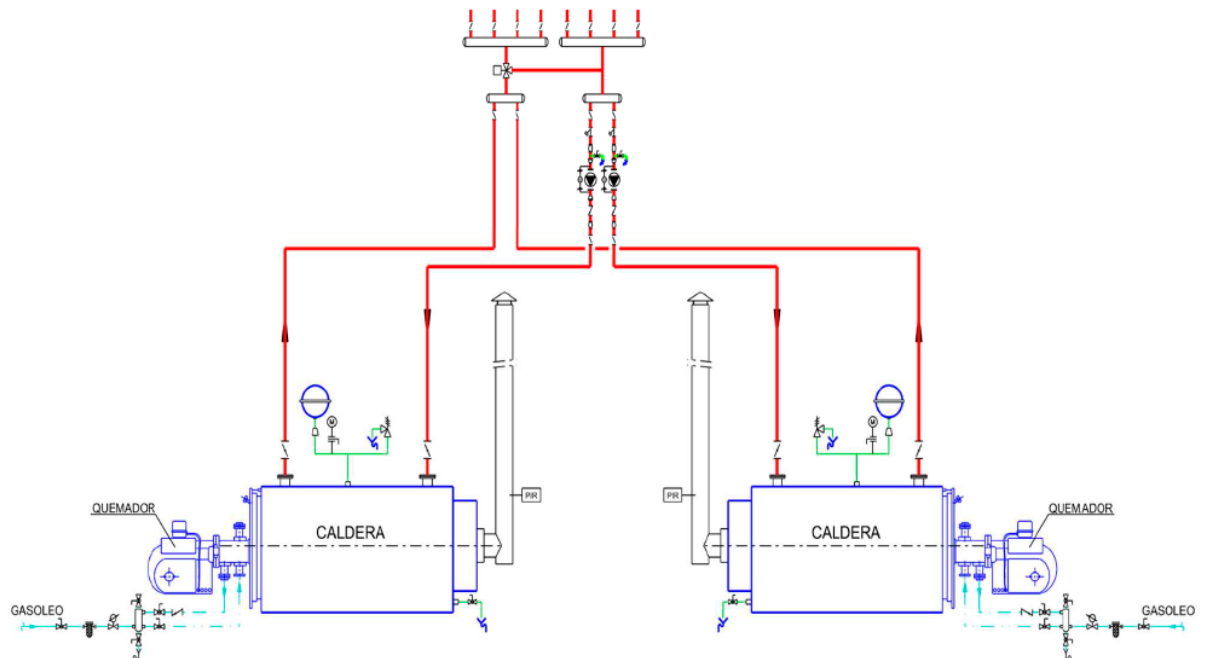


Ilustración 36: Esquema de instalaciones de calefacción original. Fuente: VEOLIA,2019.

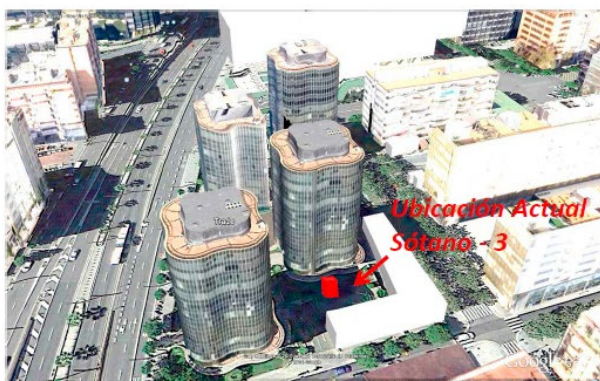


Ilustración 37: Ubicación y fotos de instalaciones de calefacción original. Fuente: VEOLIA, 2019.

En 2015, el complejo de edificios sufrió una rehabilitación en los sistemas de instalaciones donde replantearon el sistema de calefacción, refrigeración y climatización de los edificios.

La rehabilitación de instalaciones se veía necesaria, así como la rehabilitación de fachada, dado que los equipos ya estaban muy envejecidos y, principalmente por el sistema de calefacción, que presentaba grandes problemas de mantenimiento y contaminación debido a su recurso energético ser el gasoil. Según el administrador “lo que no se ha podido es cambiar toda la red de distribución, (...) porque las particularidades de este edificio alojan todo un contrato. Habría que actuar en todas las oficinas, destapar todos los pasos de todas las conducciones que están en las columnas, y es inviable desde el punto de vista económico y desde el punto de vista logístico ir cada oficina para hacerlo”. El administrador afirma que era imposible desde el punto de vista comunitario una rehabilitación de esta envergadura.

En todo el caso, el administrador cuenta que la rehabilitación posibilitó una mejora en la gestión de gastos generales a través de la inserción de un sistema de monitoreo, lo que ha mejorado mucho en cuanto al consumo en el conjunto del edificio. Además, se ha invertido en individualizar los consumos en cumplimiento a la normativa europea, que define que en toda edificación que tiene este tipo de servicio comunitario, son obligados

a individualizar y facturar a cada propietario o cada copropietario de la comunidad de propietarios.

A fin de mejorar la eficiencia y costes energéticos en el complejo, y suplir la demanda de las cuatro torres y bajos, la reforma de 2015 efectuada por la empresa VEOLIA planteó la implantación de los siguientes equipos:

- 2 torres de refrigeración con plantas enfriadoras
- 2 calderas de condensación
- 4 bombas de calor
- 1 climatizador

Tenemos, por tanto, un esquema reformado de cómo funcionan las instalaciones:

Estado reformado– Sistema de refrigeración:

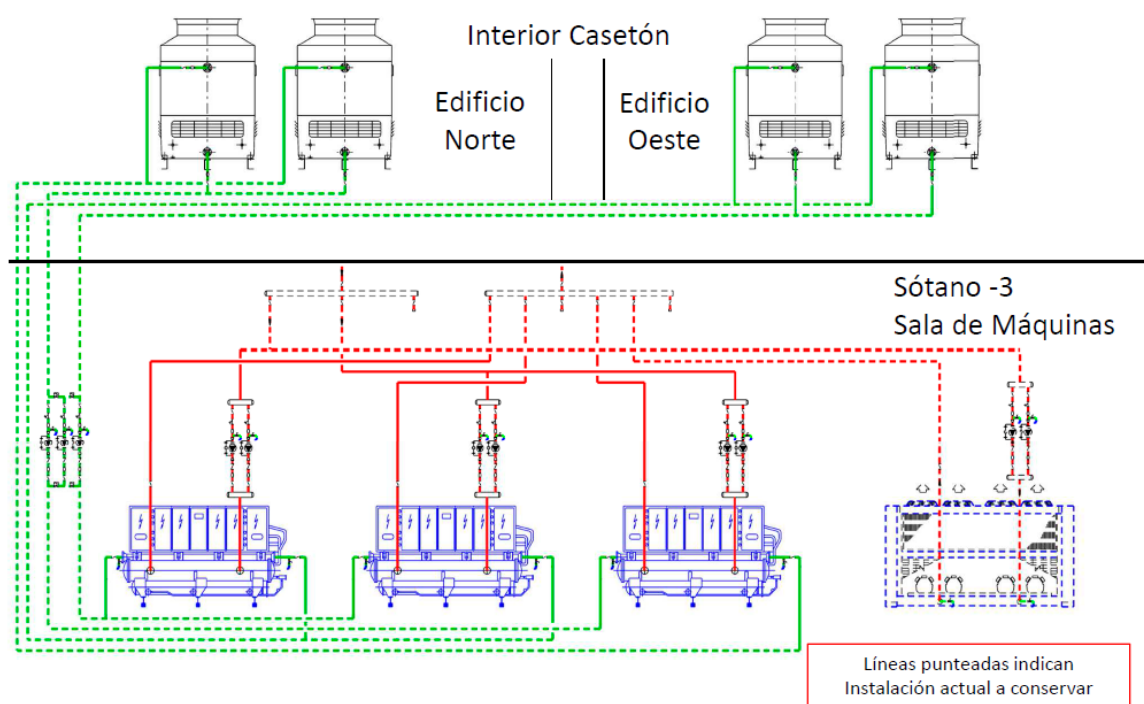


Ilustración 38: Esquema de instalaciones de refrigeración. Fuente: VEOLIA,2019.



Plantas Enfriadoras



Ilustración 39: Ubicación y fotos de instalaciones de refrigeración. Fuente: VEOLIA, 2019.

[illegible]

Ilustración 40: Ficha técnica de instalaciones de refrigeración. Fuente: Foto de la autora, 2019.

Estado reformado – Sistema de calefacción:



Ilustración 41: Ubicación y fotos de instalaciones de calefacción. Fuente: VEOLIA, 2019.



Fabricante /Manufacturer Hersteller /		Hoval Aktiengesellschaft, FL - 9490 Vaduz		Hoval	
Distribuidor Distribution Vertrieb	Hoval AG CH-8706 Feldmeilen Hoval s.r.l. I-24050 Zanica Hoval GmbH D-85609 Dornach Hoval spol. s r.o. CZ-31204 Pízen Hoval SAS F-67118 Geispolsheim	Hoval Gesellschaft mbH A-4614 Marchtrenk Hoval d.o.o. HR-10000 Zagreb Hoval SK spol. s r.o. SK-04001 Košice Hoval s.r.l. RO-Voluntari 077190, jud Ilfov Hoval Sp. z o.o. PL- 62-002 Suchy Las	Hoval Ltd. GB-Newark NG24 1JN Hoval a/s DK-8660 Skanderborg		
Tipo de caldera /Boiler-Type/Heizkessel-Typ /		ULTRAGAS® (1000)			
Año de fabricación /Year of Manufacture Herstelljahr /		08/2015			
N° CE /CE-No/CE-Nr. / CE0085AQ0620		N° SSIGE /SVGW-No./SVGW-Nr. / 11-013-4			
Número de serie Serial number Seriennummer	 601950400672				
Temperatura máxima de trabajo Max. operating temperature Max. Betriebstemperatur	[°C] 90	Presión máxima de trabajo Max. operating pressure Max. Betriebsdruck	[bar] 6.0	Presión de prueba Test over pressure Prüfüberdruck	[bar] 9.0
Gama de potencia calorífica Furnace thermal capacity area Feuerungswärmeleistungsbereich	[KW] 205 - 943	Potencia nominal de la caldera Boiler rating Nennwärmeleistung [KW] 1000			
Gama de potencias Boiler output Wärmeleistungsbereich	[KW] (80/60 °C) 199.0-927.0	[KW] (40/30 °C) 224.0-1.000.0	Regulación para gas Supplied for gas type / pmin. Eingestellte Gasart / pmin. ERDGAS H/18 MBAR		
Categoría de gas Gas category Gaskategorie	I3P - BE,CY,MT / II2ELW3P - PL II2ELL3P - DE / II2E3P - LU II2ER3P / II2ES13P - FR II2H3+ - ES,GB,IT	II2H3P - PT,SI,SK,TR II2H3P - AT,CH,DK,EE,LV,RO,SE, II2H3P - CZ,FI,GR,IE,IS,LT,NO, II2L3P - NL / II2HS3P - HU		Contenido en agua Water content Wasserinhalt [L] 793	
Máx. qA 1. marcha / 2. marcha (CH) Max. qA 1st stage / 2nd stage (CH) Max. qA 1. Stufe / 2. Stufe (CH)	[%] 7	Clasificación NOx (EN 483) NOx class (EN 483) NOx Klasse (EN 483) 5			
Conexión eléctrica /Electrical connection Elektrischer Anschluss / 1X230V~/3X400V~/50HZ/10A IP20		Tipo de conexión /Kind of contact/Anschlussart / B23P,C53,C63			
Potencia eléctrica máxima absorbida Max. electrical load Max. elektrische Leistungsaufnahme [W] 2400(400V)/330(230V)		 0085			

Ilustración 42: Ficha técnica de instalaciones de calefacción. Fuente: Foto de la autora, 2019.

Ficha técnica del climatizador:

TROX [®] TECHNIK		CE
TROX España, S.A. Pol. Ind. La Cartuja Ctra. Castellón Km. 7 E-50720 Zaragoza		
Nº CONFIRMACION	331954	NOTA: Referencia y cantidad de células de filtro en interior puerta sección correspondiente
Nº FABRICACION	EEU21996	
FECHA FABRICACION	13/10/2015	
POTENCIA FRIGORIFICA (Frq/h)	108254	
POTENCIA CALORIFICA (KCal/h)	7764	
	IMPULSION	RETORNO
CAUDAL DE AIRE (m ³ /h)	1670	900
POTENCIA MOTOR (Kw)	18.5	1.1
TENSION (V)	400/660	230/400

Ilustración 43: Ficha técnica del climatizador. Fuente: Foto de la autora, 2019.

La iluminación artificial no sufrió modificaciones y no presenta reglas de ordenaciones arquitectónicas, así que la mayoría de los equipos de iluminación se tratan de lámparas fluorescentes superficiales, aunque cada despacho tenga autonomía para instalar el tipo de lámpara que desea. Este tema es uno de los factores que podría ser mejorado en cuestiones de instalaciones, estandarizando las lámparas de modo que sean lumínicamente confortables para la actividad de oficinas (en media 500 lux) y mejorando la eficiencia de los equipos.

Tabla 5.3
Oficinas

3 Oficinas					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observaciones
3.1	Archivo, copias, etc.	300	19	80	
3.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.3	Dibujo técnico	750	16	80	
3.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	80	Trabajo en EPV: véase el apartado 4.11
3.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
3.6	Mostrador de recepción	300	22	80	
3.7	Archivos	200	25	80	

Tabla 1: Requisitos de iluminación para áreas interiores de oficinas. Disponible en https://enerfigente.files.wordpress.com/2015/08/une-en_12464-12003.pdf

La rehabilitación hecha por VEOLIA en 2015, se basó, por tanto, en mejorar la eficiencia de los sistemas, pero no abordó las deficiencias de la envolvente. Aun así, la inversión para esta rehabilitación ha sido bastante alta, así que no cabe a este trabajo volver a proponer nuevos cambios en las instalaciones de calefacción y refrigeración de los edificios. Este trabajo se enfocará, por tanto, en indicar medidas de mejora en la envolvente del edificio, incrementando las prestaciones energéticas de los materiales de fachada y puentes térmicos además de proponer directrices de uso y gestión sostenible del edificio.

4.3 PERFIL DE USO EN LOS EDIFICIOS TRADE

Como es sabido los edificios Trade fueron concebidos como “las torres de los negocios” en Barcelona. El programa de actividades se divide en zonas de uso comunitario o zonas de uso privado, concentrando la zona comunitaria en la planta baja y en el entresuelo.

En planta baja encontramos algunos usos que pueden ser considerados como comunitarios, como un restaurante, una peluquería, agencias bancarias y escuela de idiomas además de oficinas en general. En el entresuelo tenemos una parte destinada para uso comunitario que cuenta con tres salas de reuniones con capacidad para 14 personas y un auditorio con capacidad aproximada de 100 personas. Estos espacios están rehabilitados y disponen de proyector, Wifi y climatización. Además, encontramos también en el entresuelo, oficinas de bancos y oficinas en general que se dedican a oficios como consultoría, ingeniería, arquitectura, publicidad, finanzas, entre otros.

Las cuatro torres, poseen un total de 38 plantas también destinadas a oficinas. Actualmente, según se puede consultar en la web oficial de los edificios, la torre sur, incluido bajos y entresuelo, cuenta con 22 empresas, torre este con 12, torre oeste con 26 empresas y la torre norte posee 17 empresas en total. Las empresas pueden ser hasta 4 por planta u ocupar incluso más de una planta dependiendo de su magnitud. Según el administrador del edificio hay aproximadamente unos 160 copropietarios y 180 entidades registrales diferentes en el complejo y, cada cual es de un propietario diferente.

De este modo podemos definir que la actividad general del edificio se resume principalmente en oficinas. Generalmente el horario de funcionamiento de oficinas es desde las 8:00 a las 20:00 h, pero, según el administrador Jordi Castillo, algunas oficinas funcionan 24h por día, cuando por ejemplo trabajan con horarios internacionales. Estas oficinas generalmente tienen una demanda energética importante en relación a despachos con menos carga horaria.

En cuanto al seguimiento de las condiciones de confort de los espacios, desde 2015 el complejo viene siendo monitoreado por un sistema de gestión energética de la empresa VEOLIA. A pesar de esto, el sistema de monitoreo funciona a través de gestores humanos, que deciden si deben activar o desactivar el uso de maquinarias de calefacción y refrigeración en las torres. Incluso, los propietarios de cada despacho pueden actuar en

el sistema de modo a organizar sus gastos energéticos como prefieran. Ya los equipos de iluminación no entran en este monitoreo, dado que funcionan como sistemas totalmente mecánicos y no hicieron parte de la rehabilitación de sistemas del 2015. De este modo, el sistema de iluminación artificial todavía no cuenta con estrategias de ahorro energético.

De esta forma es posible comprender que el complejo de los edificios Trade tiene potencial de mejorar la gestión del uso energético del edificio, dado que las estrategias de ahorro no son estandarizadas de acuerdo con las situaciones climáticas de cada espacio. Además, cada usuario utiliza su despacho sin saber las medidas que puede tomar para ahorrar energía. De esta manera sería interesante plantear medidas de concienciación con la comunidad de los edificios Trade para potencializar el rendimiento de las instalaciones, con el uso correcto por parte de los usuarios.

Teniendo en cuenta estos aspectos, seguimos para el análisis de datos de consumo energético de los edificios Trade, y un estudio sobre cómo se comporta cada torre de acuerdo con sus orientaciones de fachada.

5. ANÁLISIS DE DATOS

En este capítulo, los datos recopilados son cuidadosamente analizados a fin de identificar los consumos medios anuales por m², discriminando diferentes usos y orientaciones solares del edificio. El objetivo de estos análisis se centra en entender el sistema del edificio a fin de identificar déficits, malos funcionamientos, y usos inadecuados por parte de los usuarios actuales del edificio.

5.1 ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LAS CUATRO TORRES

Este primer análisis consiste en comparar los consumos energéticos de las cuatro torres de los edificios Trade de Barcelona con el fin de identificar cuál de las torres tiene un comportamiento energético menos favorable.

La base de datos utilizada para esta etapa ha sido proporcionada por la administración de los edificios Trade y contiene datos detallados de los consumos energéticos, en kWh, de tres meses del año: enero, marzo, julio. No ha sido posible tener acceso a los meses restantes, pero, teniendo en cuenta que estos tres meses se distribuyen en tres estaciones del año distintas, podemos realizar el cálculo estimado del consumo energético anual medio. Los datos de los cuadros fueron registrados en el año de 2019, y cada tabla hace referencia al periodo que va del día 20 del mes anterior al día 20 del mes que se realiza la lectura. Sabido esto, se ha hecho un cálculo estimativo para los meses restantes, basándose en los datos conocidos. Así, para febrero, por ejemplo, se utilizó la media entre los datos de enero y marzo, y así sucesivamente, hasta tener un panorama con los consumos de los 12 meses.

Es importante comprender bien el método de registro de consumo energético adoptado en el complejo para comprender como los consumos se dividen. Las tablas, administradas por las Fincas Abarca juntamente con la empresa VEOLIA, se dividen primeramente por torre, seguido por plantas que, a su vez, se dividen en cuadrantes. Cada planta está dividida por cuatro cuadrantes simétricos como se ve en la imagen:

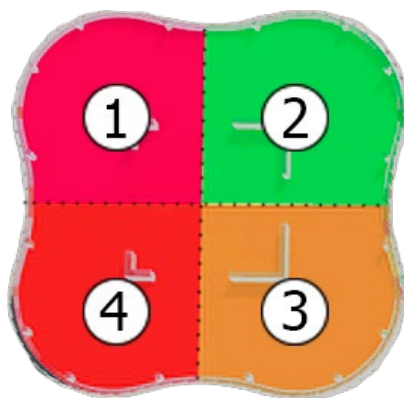


Ilustración 44: Esquema cuadrantes. Elaborado por la autora, 2019.

Estos cuadrantes representan la división original de despachos de los edificios, como habíamos especificado en el capítulo de instalaciones, pero en su estado actual existen empresas que pueden ocupar más de un cuadrante, de manera que la división entre propietarios se da de manera un poco aleatoria.

Las tablas de datos se dividen, por tanto, primeramente, en torres, seguidas por las plantas, y finalmente los cuadrantes. Las tablas muestran el consumo desde la planta 01 (PL01) hasta la planta 10 (PL10) en los casos de las torres norte (TN) y oeste (TO), y hasta la planta 9 (PL09) en el caso de las torres este (TE) y sur (TS). Además de las plantas de las torres también se cuentan de manera independiente la parte del entresuelo y planta baja, las cuales están divididas en más que cuatro cuadrantes.

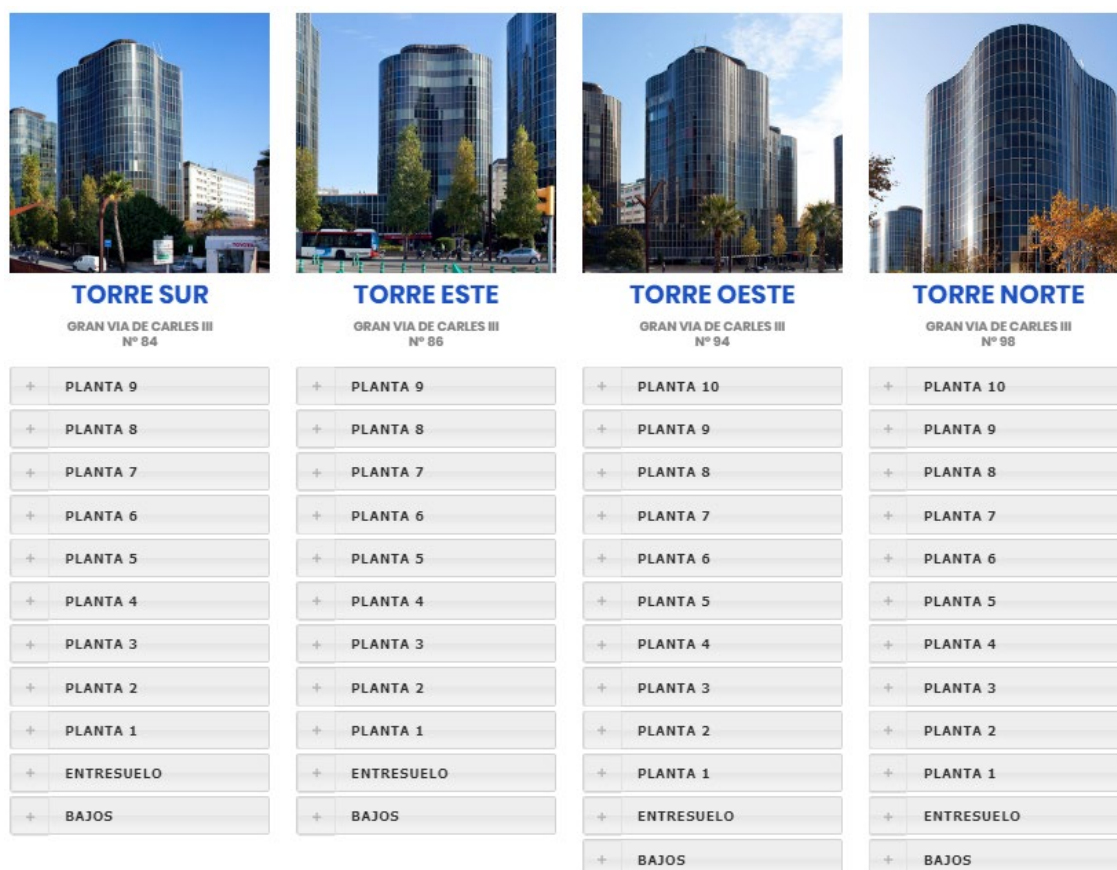


Ilustración 45: Torres de los edificios Trade. Disponible en: <http://edificiosTrade.com/>.

A fin de estudiar el comportamiento de la envolvente de los edificios, este primer análisis se ha centrado solamente en las torres y en cómo se comporta cada una de ellas. Esto se hace porque, dado que el perímetro de las envolventes de las torres es menor que las del entresuelo y bajos, las torres presentan evidentemente fachadas más expuestas a las inclemencias meteorológicas. Además de ello, el objetivo es identificar la torre menos favorable energéticamente para plantear soluciones de fachada que sirvan como ejemplo para las otras torres y, de paso, para todo el complejo.

Cada torre presenta, entonces, los consumos asociados a los sistemas de climatización. Recordamos que el recurso energético del sistema de calefacción actual es el gas natural y que las torres de refrigeración funcionan a electricidad. De este modo, el primer paso para este análisis ha sido sumar los consumos de calefacción y refrigeración, fijos (áreas comunes) y variables (por despachos), en kWh, de cada torre. Con las sumas se han estimado los consumos para cada mes del año a través de cálculos de proporcionalidad, y luego se dividió el consumo de cada cuadrante por los metros cuadrados de superficie, obteniendo, así, los siguientes resultados:

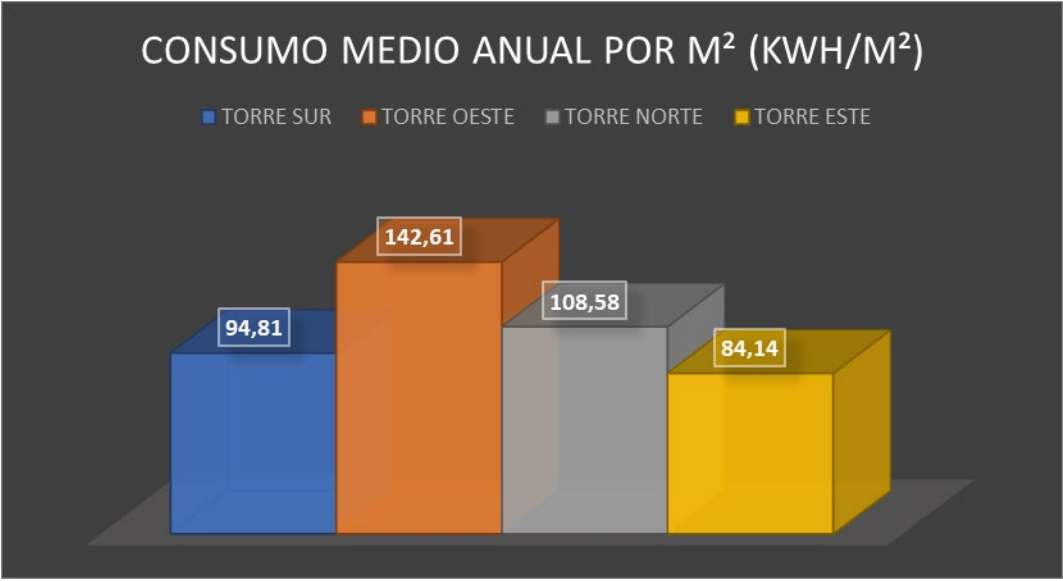


Ilustración 46: Consumo medio anual por torre. Elaborado por la autora, 2019.

Gráficamente, la diferencia entre el consumo energético de las torres es nítida, evidenciando que las torre con el consumo energético más elevado es la torre oeste, seguida por la torre norte, torre sur y, por último, torre este.

Igualmente, se ha hecho una investigación en relación a los consumos de refrigeración y calefacción en cada una de las torres, sumando el consumo total de frío y calor de los meses de enero, marzo y julio. Según los datos abajo, obtuvimos:

TORRE	CONSUMO TOTAL (3 MESES) kWh	CONSUMO FRIO (ELECTRICIDAD) - kWh	CONSUMO CALOR (GAS) - kWh
TORRE SUR	120770,65	74220,48	46550,17
TORRE OESTE	186996,50	127412,04	59584,45
TORRE NORTE	158646,85	104788,24	53858,61
TORRE ESTE	97720,98	61689,49	36031,49

Tabla 2: Tabla de consumos de refrigeración y calefacción. Elaborado por la autora, 2019.

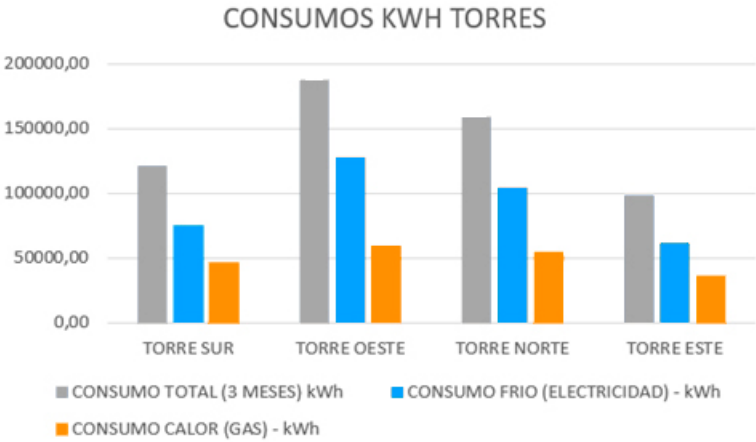


Ilustración 47Comparativo de consumos de calor y frío en las cuatro torres. Elaborado por la autora, 2019.

En la gráfica podemos observar que, aunque separemos los consumos de frío y calor en cada torre, las torres oeste y norte siguen mostrando los mayores consumos, seguidos de las torres sur y este. Asimismo, es posible notar que el consumo de frío varía de manera más drástica que el consumo de calor. Esto ocurre porque el consumo en kWh de frío es más intenso que el de calor, de acuerdo con las demandas y con la diferencia de combustibles de cada equipo. El consumo de frío en la torre oeste es prácticamente el doble del mismo en la torre este, que es la que menos energía consume. Ya el consumo de calor en la torre oeste tiene un incremento de poco menos de 40% en relación a la torre este. Así que es posible concluir que las torres se comportan de forma más similar en invierno que en verano, cuando la energía solar térmica absorbida por los edificios es menos intensa.

De esta forma, se puede constatar que, efectivamente, la torre oeste, que de hecho está rotada en relación al norte en una orientación suroeste, tiene la situación menos favorable energéticamente. A pesar de ello, no podemos desconsiderar muchos factores que pueden influenciar en este resultado:

Primeramente, debemos tener en cuenta la zona geográfica donde se inserta el edificio y su orientación solar. Por estar situado en Barcelona, en el sector suroeste del complejo, la mayor parte de la fachada de la torre oeste coge sol de la tarde durante todo el año. En verano, por ejemplo, tiene la orientación más desfavorable a nivel energético, demandando mucha carga de refrigeración, por tener su fachada de muro cortina.

Del mismo modo, la torre norte presenta el segundo puesto en la clasificación de consumos muy probablemente por la falta de soleamiento, la cual significa un incremento de calefacción en invierno en relación a las otras torres.

Pero la orientación no es el único factor que interfiere en estos resultados. Por lo tanto, también es necesario analizar el comportamiento de los usuarios y las actividades desarrolladas en cada despacho. Además de ello, algunas plantas pueden presentar instalaciones diferenciadas de los otros despachos o mayor cantidad de sistemas y aparatos. Así, hay que tener en cuenta que el consumo energético puede ser más elevado tanto por sus actividades, o por tiempo de ocupación, como por el rendimiento de las instalaciones. Estos temas serán mejor aclarados más adelante en este trabajo.

Para ejemplificar este dato, podemos citar la cantidad de fancoils de cada planta. Originalmente se planteaban 12 fancoils por planta, que llegaban por cada uno de los

pilares estructurales de las torres, pero hoy en día, casi la mitad de las plantas poseen más cantidad de fancoils que los previstos en proyecto.

En la figura bajo este párrafo podemos notar que en realidad cada torre posee, de media, aproximadamente 14 fan coils por planta, siendo que la torre norte es la que posee más unidades de fan coils. La torre oeste también presenta una particularidad: en la séptima planta hay solamente una unidad de fan coil y el sistema predominante es un Sistema Volumen de Refrigerante Variable (VRV) independiente que, según el jefe de mantenimiento de instalaciones, Rubén Camarós, ya había sido instalado antes de la rehabilitación de VEOLIA efectuada en el año de 2015.

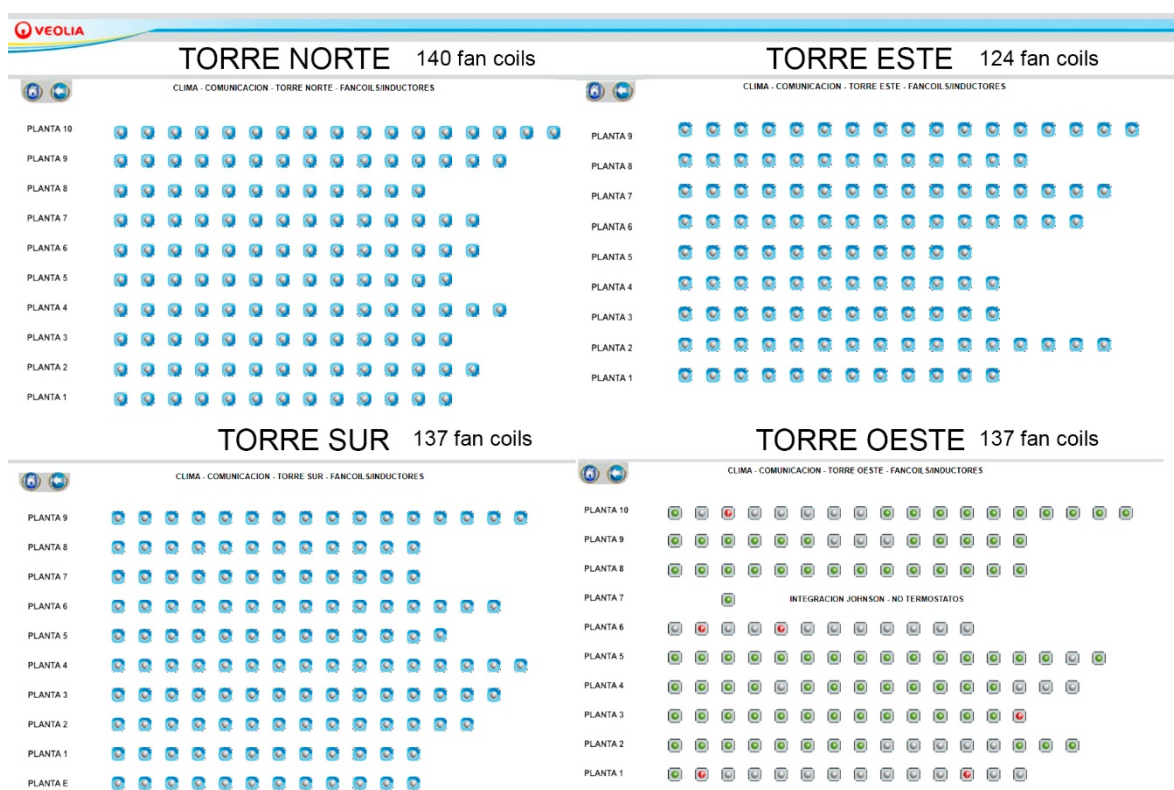


Ilustración 48: Numero de fan coils por torre. Fuente: VEOLIA, 2019.

De todas las formas, uno de los aspectos más importantes de este apartado es tomar en cuenta que la torre oeste se sitúa en una de las orientaciones menos propicias para un buen comportamiento energético, y posee el consumo energético medio anual bastante superior a las otras torres, aproximadamente un 24% más que la torre norte, segunda situación menos favorable. Por lo tanto, se eligió esta torre como modelo para un análisis más profundizado del comportamiento energético de los edificios Trade, centrándose en el sistema constructivo de fachada y los materiales de la envolvente.

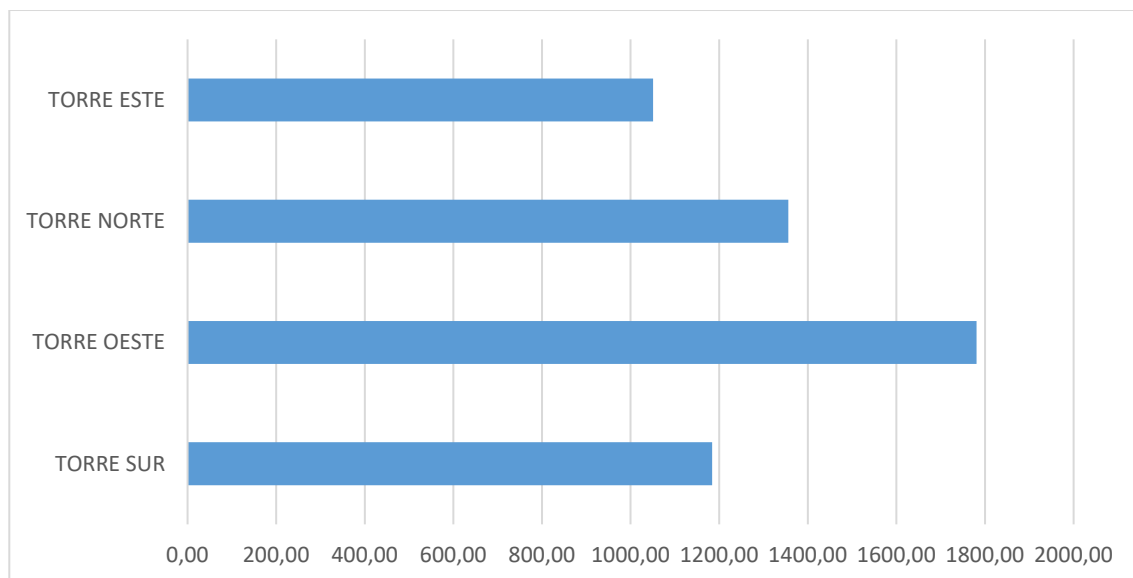


Ilustración 49: Comparativo de consumos en las cuatro torres. Elaborado por la autora, 2019.

5.2 ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LA TORRE OESTE

5.2.1 ANÁLISIS DE DATOS GENERALES

Una vez elegida la torre objeto de estudio, los análisis en la torre oeste se segmentan de manera más minuciosa. El primer paso ha sido analizar los datos de consumos proporcionados por la administración del edificio. En seguida se hizo un análisis del comportamiento energético de la torre a través del programa CE3X, que es uno de los programas oficiales para la certificación de la eficiencia energética de edificios, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y por el Ministerio de Fomento. En este caso, el programa ha sido utilizado como herramienta de verificación de la normativa de ahorro de energía en construcción de uso terciario.

Esta etapa del estudio empezó a través de los cálculos de consumo de kWh por metro cuadrado en cada planta de la torre oeste, ya dividiéndolas por cuadrantes. La primera verificación consistió en extraer los datos generales de los meses de enero, marzo y diciembre puntualmente, a fin de generar un cuadro comparativo entre cada época del año. En este caso, obtuvimos:

COMPARATIVO DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN ENERO, MARZO Y JULIO EN LA TORRE OESTE

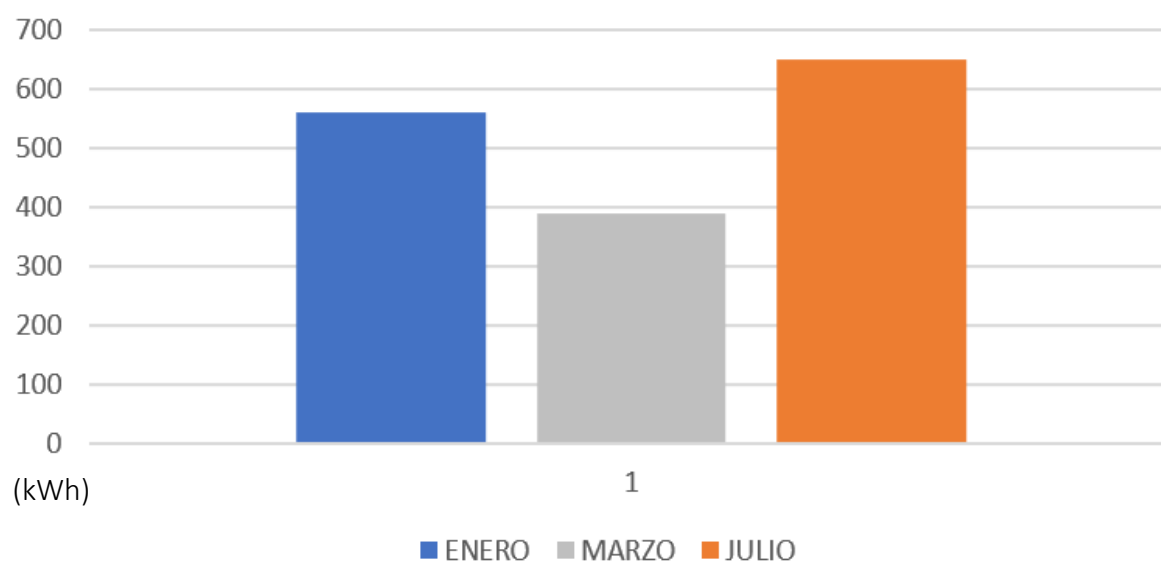


Ilustración 50: Comparativo de consumos entre enero, marzo y julio. Elaborado por la autora, 2019.

La gráfica nos muestra que el periodo que requiere la demanda más elevada de energía es en julio, cuando las temperaturas en Barcelona variaron entre 17,2°C y 33,6°C en el año de 2018, según la Agencia Estatal de Meteorología en Cataluña. Esta es la época del año en que la demanda de refrigeración es más elevada, y el asoleamiento es más largo durante el día, demandando más tiempo de climatización.

2. Clima

2.1. Temperatura. 2014-2018

	Observatorio Can Bruixa					Observatorio Fabra				
	Medias °C			Extremas °C		Medias °C			Extremas °C	
	Medias	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Medias	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
2014	18,3	21,3	15,4	33,0	5,0	16,3	20,0	12,5	31,7	0,6
2015	18,4	21,5	15,4	34,7	2,1	16,6	20,6	12,7	35,0	-1,3
2016	18,4	21,4	15,4	32,6	3,9	16,5	20,6	12,4	32,4	0,6
2017	18,4	21,5	15,3	34,2	1,6	16,4	20,3	12,5	33,8	-0,8
2018	18,5	21,5	15,5	37,8	0,9	16,3	20,1	12,5	37,2	-2,4
Enero	13,3	16,3	10,2	22,3	5,7	10,5	13,9	7,0	19,8	2,8
Febrero	9,3	12,4	6,1	17,4	0,9	6,7	10,1	3,3	16,8	-2,4
Marzo	13,4	17,0	9,7	21,2	3,2	10,8	15,1	6,5	19,9	0,0
Abril	16,7	19,7	13,7	24,5	8,5	14,8	18,4	11,1	25,1	5,2
Mayo	19,1	22,2	16,0	24,9	9,3	17,1	21,4	12,8	25,3	5,9
Junio	23,4	26,2	20,6	30,4	16,5	21,6	25,6	17,5	30,2	12,8
Julio	26,7	29,6	23,8	32,6	21,0	25,3	29,8	20,7	33,6	17,2
Agosto	27,4	30,3	24,5	37,8	20,2	25,8	30,2	21,4	37,2	16,6
Septiembre	24,4	27,0	21,7	30,9	18,0	22,5	26,3	18,6	30,4	14,3
Octubre	19,6	22,7	16,4	25,8	7,6	17,0	20,6	13,4	25,6	3,3
Noviembre	15,2	17,9	12,5	22,3	8,9	12,4	15,2	9,5	21,4	5,8
Diciembre	13,6	16,6	10,6	20,9	6,6	11,1	14,1	8,1	19,0	3,6

Ilustración 51: Temperaturas en Barcelona. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. Delegación Territorial en Cataluña.

La otra época del año que tiene un consumo elevado de energía es en el mes de enero, en pleno invierno de Barcelona, cuando hay mucha demanda de calefacción por el corto tiempo de asoleamiento y por las temperaturas medias entre 10°C y 13°C. Por último, tenemos el mes de marzo, que ya es principio de primavera en el hemisferio norte. En esta época las temperaturas en el Mediterráneo son más templadas y no requieren mucho uso de las instalaciones de refrigeración y calefacción, teniendo gastos energéticos más relacionados con la iluminación artificial y la ventilación del edificio.

Analizando precisamente los datos de consumo de cada cuadrante en la torre oeste, para los meses de enero, marzo y julio, obtuvimos resultados que se diferencian de acuerdo con la época del año. En la torre oeste los cuadrantes 1 y 4 tienen fachadas orientadas para este (noreste y sureste, respectivamente), mientras los cuadrantes 2 y 3 tienen fachadas orientadas para oeste (noroeste y suroeste, respectivamente):

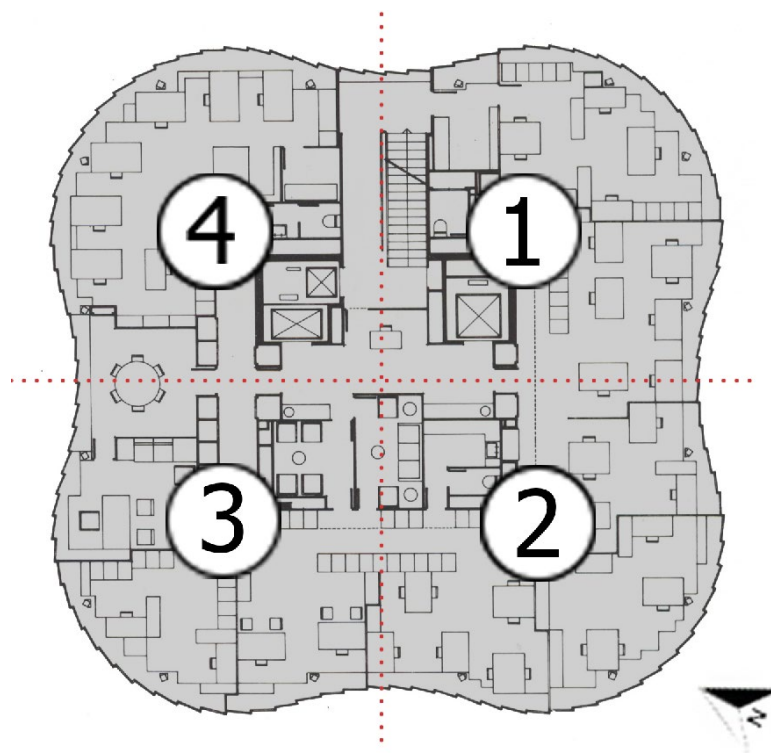


Ilustración 52: Cuadrantes en la torre oeste. Elaborado por la autora, 2019.

Sabido esto, se desarrollaron unos gráficos que mostraban los consumos energéticos de cada cuadrante en cada planta, primeramente, discriminados por los 3 meses del año (enero, marzo y julio):

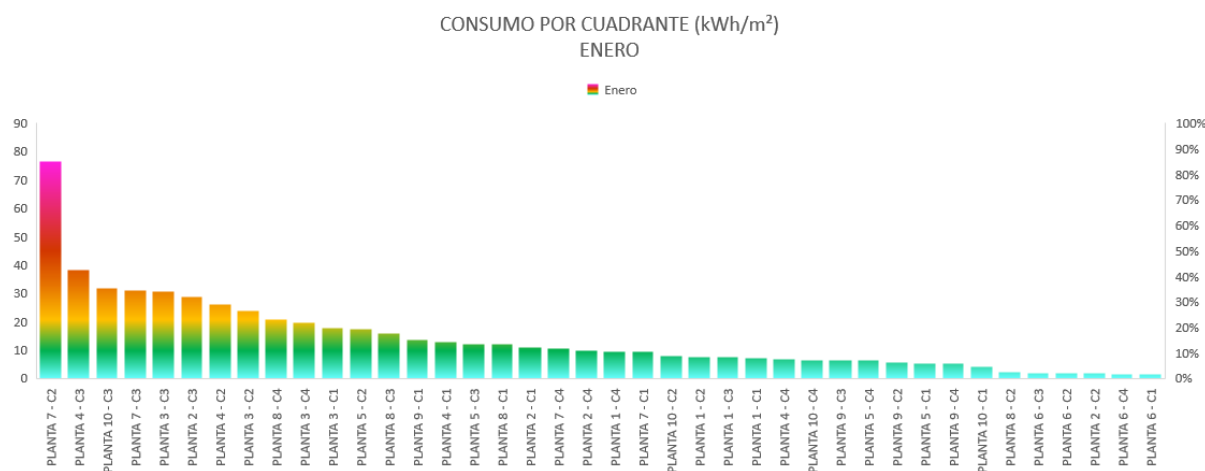


Ilustración 53: Gráfico de consumos por cuadrante en enero. Elaborado por la autora, 2019.

Como podemos observar, en enero, el cuadrante 2 de la séptima planta es el despacho que posee mayor consumo, siendo casi el doble de consumo de los cuadrantes que siguen. Los otros siete cuadrantes que ocupan las posiciones más altas, presentando un consumo superior a 20kWh/m², son cuadrantes números 2 y 3, lo que significa que se tratan de despachos situados en la cara noroeste y suroeste del edificio. Ya la planta 6, por estar desocupada, es la que presenta consumos casi nulos.

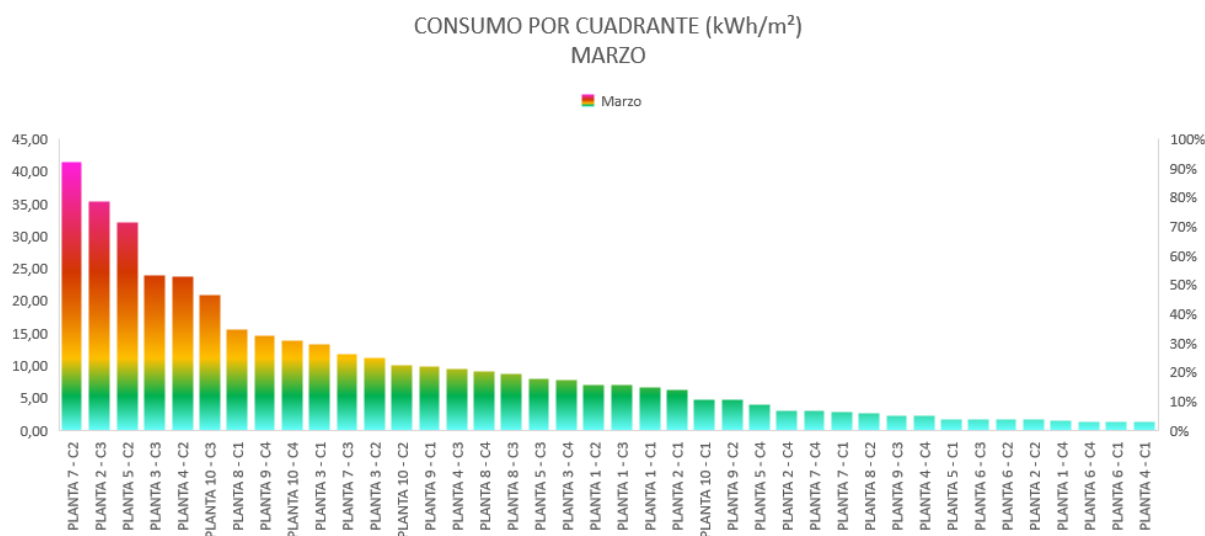


Ilustración 54: Gráfico de consumos por cuadrante en marzo. Elaborado por la autora, 2019.

En marzo, el C2 de la planta 7 y los cuadrantes de la planta 6 se mantienen en la misma posición. A pesar de ello, en marzo notamos que la diferencia de consumo entre el C2 de la planta 7 ya no es tan discrepante en comparación con los otros, por ser un mes donde las instalaciones de frío y calor no actúan con tanta frecuencia. Además de esto, las 6 primeras posiciones que ocupan en ranking, también se tratan de cuadrantes 2 o 3 orientados, por lo tanto, para la fachada oeste.

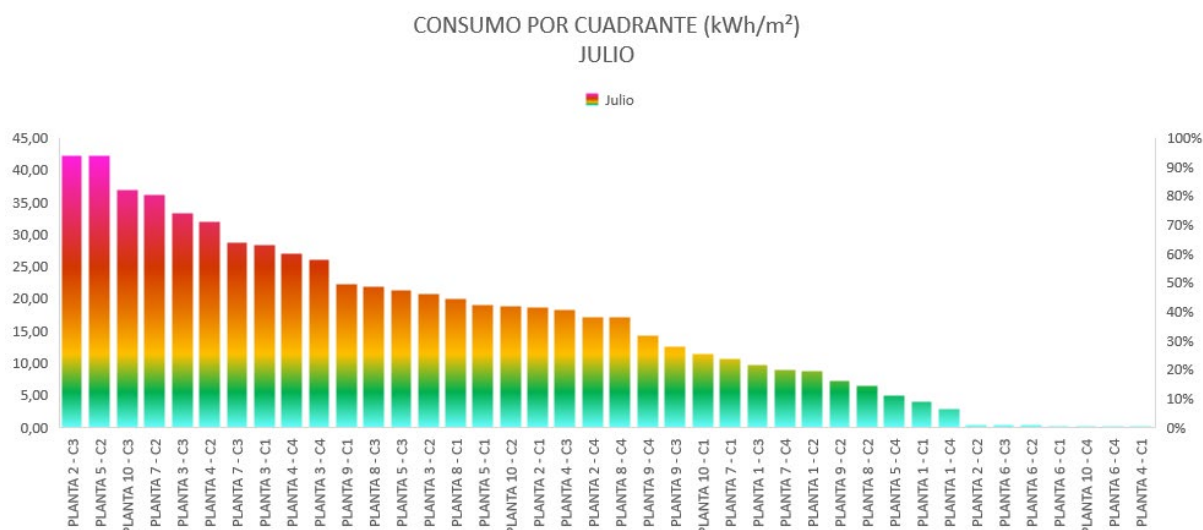


Ilustración 55: Gráfico de consumos por cuadrante en julio. Elaborado por la autora, 2019.

Por último, notamos que, en julio, mes de mayor demanda de refrigeración, los cuadrantes de la planta 7 ya no son los que más gastan, aunque sigan en posiciones relativamente altas. También notamos que el consumo es más elevado en casi todos los despachos, configurando un gráfico un poco más equilibrado que los de los meses anteriores, lo que enseña que la demanda de frío en julio es bastante necesaria en toda la torre.

Después de tener en cuenta las diferencias de consumo entre cada uno de estos meses, se ha estimado el consumo de cada mes a través de los datos que teníamos, sacando así, un gráfico de los consumos medios anuales en cada despacho.

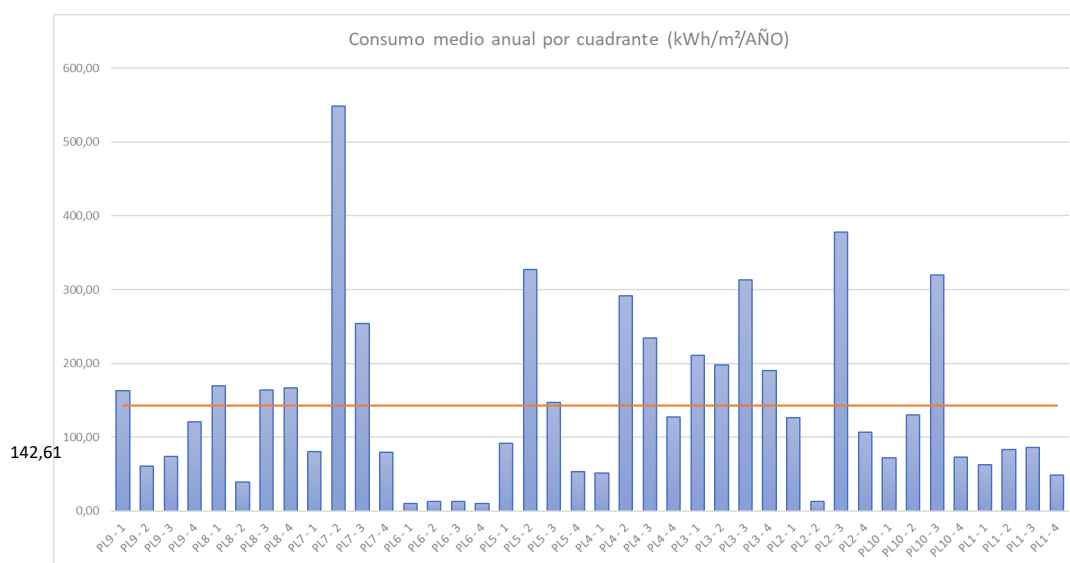


Ilustración 56: Gráfico de consumo medio anual por cuadrante. Elaborado por la autora, 2019.

En el gráfico podemos ver que los cuadrantes con mayor consumo son el cuadrante 2 de la séptima planta (548,44 kWh/m²/año) y el cuadrante 2 de la quinta planta (326,96 kWh/m²/año). Estos consumos se exceden mucho al consumo medio que es de 142,61 kWh/m²/año. En la ilustración bajo este párrafo relacionamos los valores del gráfico con la volumetría de la torre, diagramando de manera gráfica y sencilla como cada cuadrante se comporta energéticamente. Los colores de tonos rosados y rojos representan consumos entre 326,96 kWh/m²/año (cuadrante 2 de la planta 5) y 548,44 kWh/m²/año (cuadrante 2 de la séptima planta), mientras los colores más fríos representan los menores consumos.

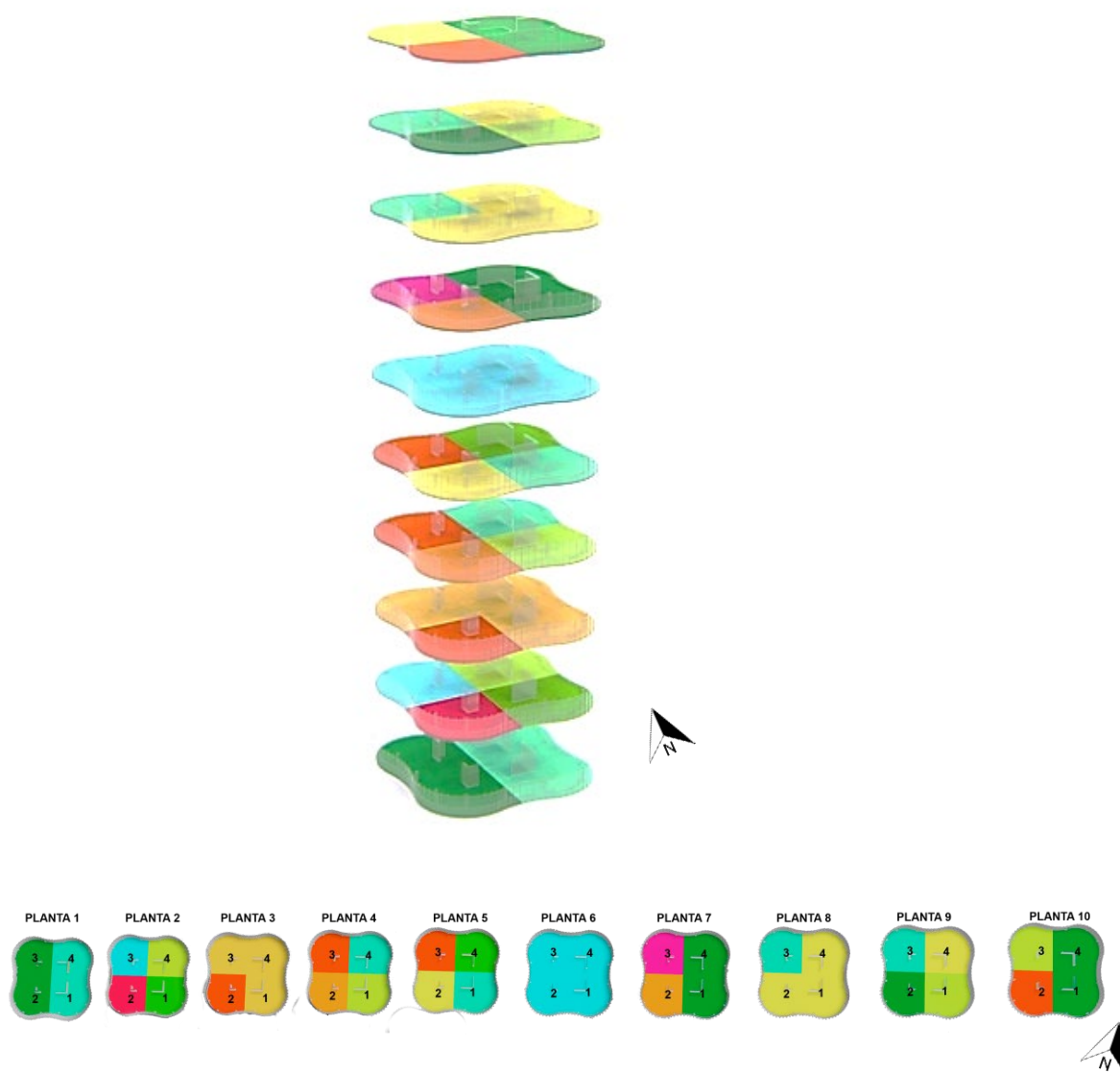


Ilustración 57: Esquema de consumos por cuadrante y planta. Elaborado por la autora, 2019.

Este gráfico demuestra que en general, los cuadrantes que tienen más gastos son los cuadrantes 2 y 3, que están orientados hacia el suroeste y el noroeste respectivamente. Esto demuestra que la radiación solar, probablemente tiene un efecto importante sobre el edificio.

También se ha elaborado una tabla que relaciona cada cuadrante con sus respectivas empresas, actividades y consumos. En esta tabla los consumos anuales son discriminados por cuadrantes y por plantas, siendo que los que presentan el consumo más elevado están en color rojo y los menores consumos están en color verde.

Planta	Cuadrante	Actividad de la empresa	Consumo medio anual por despacho kWh/m ²	Consumo medio anual kWh/m ² por planta
PLANTA 10	1	Consultoria medica	71,77	595,16
PLANTA 10	2	Gestion inmobiliaria industrial	130,52	
PLANTA 10	3	Abogado / Graduado Social	319,68	
PLANTA 10	4	Inmobiliario	73,19	
PLANTA 9	2	Prevención de riesgos laborales	163,00	419,24
PLANTA 9	3	Prevención de riesgos laborales	61,08	
PLANTA 9	1	Asesoría	74,47	
PLANTA 9	4		120,69	
PLANTA 8	1	Agencia de publicidad / Marketing	169,58	540,04
PLANTA 8	2	Deportivo	39,37	
PLANTA 8	3	Consultoria	164,53	
PLANTA 8	4	sin información / vacío	166,57	
PLANTA 7	1	Consulado	80,59	962,47
PLANTA 7	2		548,64	
PLANTA 7	3		253,75	
PLANTA 7	4		79,49	
PLANTA 6	1	sin información / vacío	9,99	45,80
PLANTA 6	2	sin información / vacío	12,90	
PLANTA 6	3	sin información / vacío	12,90	
PLANTA 6	4	sin información / vacío	9,99	
PLANTA 5	1	Legal / Abogados	91,95	619,54
PLANTA 5	2		326,96	
PLANTA 5	3	Consultoria	147,61	
PLANTA 5	4		53,02	
PLANTA 4	1	Alquiler de bienes inmuebles	51,28	704,72
PLANTA 4	2	Audidores	291,46	
PLANTA 4	3	Diseño e implantación de Modelos de Negocio	234,10	
PLANTA 4	4	sin información / vacío	127,88	
PLANTA 3	1	Asesoría Fiscal, Jurídica y de gestión. Consultoría.	211,29	912,82
PLANTA 3	2		197,93	
PLANTA 3	3		313,08	
PLANTA 3	4		190,52	
PLANTA 2	1	Logística	126,28	623,22
PLANTA 2	2	sin información / vacío	12,90	
PLANTA 2	3	Importación / Exportación	377,66	
PLANTA 2	4	Legal / Abogados	106,38	
PLANTA 1	1	Ecommerce	62,99	281,33
PLANTA 1	2		83,03	
PLANTA 1	3	Legal / Abogados	86,45	
PLANTA 1	4	Seguridad de datos	48,87	

Tabla 3: Relación de actividades de usos y consumos. Elaborado por la autora, 2019.

Como se puede observar en la tabla, los cuadrantes que demandan más energía son el cuadrante 2 de la séptima planta, que alberga una parte de un consulado, seguido por el cuadrante 3 de la segunda planta, donde se encuentra una empresa de exportación e importación. Ambos se encuentran orientados hacia el suroeste, así que vemos que la orientación de cada despacho de hecho genera cargas climáticas distintas y que deben ser tratadas de acuerdo con la radiación solar.

Aun así, la planta 7 representa la empresa que gasta más energía durante el año y, a pesar de ello, la actividad ejercida en la planta 7, que es solamente un consulado, no se trata de una actividad que demande mucho más ordenadores o equipos de grandes potencias que los otros despachos. Así que en este caso nos quedan dos posibles justificaciones: o existe alguna disfunción puntual en el edificio, sea en los cerramientos o en las instalaciones de esta planta, o los usuarios actúan de manera no consciente en relación al ahorro energético. La posibilidad más probable es que, como la séptima planta está dotada con un sistema independiente del edificio VRV de frío y calor que tiene fecha anterior a 2015, año en que se hizo la rehabilitación de VEOLIA, los equipos de esta planta son probablemente menos eficientes que los equipos generales del edificio. De este modo, quizás sería interesante plantear la retirada de estos equipos a fin de disminuir los gastos energéticos extremos y seguramente innecesarios generados por esta planta.

Con estos datos ha sido posible identificar los puntos débiles de la torre oeste, lo que posibilita hacer un pre diagnóstico del edificio, estableciendo qué plantas necesitan una mejor gestión de los usuarios o mejora más urgente de las prestaciones del edificio. A fin de afinar el análisis, seguimos la pre diagnóstico del edificio utilizando una plataforma digital de certificaciones energéticas, el CE3X.

5.2.2 ANÁLISIS A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA CE3X

Considerando la torre oeste como el modelo de objeto de estudio para la investigación de las propiedades térmicas y energéticas de los edificios Trade, se plantea para la etapa siguiente, un análisis de esta torre a través la plataforma CE3X. Este programa consiste en una herramienta informática para la obtención de la etiqueta de eficiencia energética, que genera informes sobre el edificio a través de datos de orientación, sombras, áreas, materiales, e instalaciones. El programa genera automáticamente un documento de certificación, que indica la calificación asignada al edificio dentro de una escala de siete letras, en la cual la letra A designa un edificio más eficiente, y la letra G corresponde al edificio menos eficiente en la escala de certificación.

Este programa también incorpora una serie de conjuntos de medidas de mejora de eficiencia energética, que pueden guiar el calificador a encontrar soluciones para su rehabilitación o construcción. Además, cuando se insertan las medidas de mejora en el

programa, se genera una nueva calificación para cada conjunto de medidas de mejora lo que permite realizar un análisis económico del impacto de dichas medidas basado en los ahorros energéticos estimados por la herramienta o las facturas de consumo de energía.

Para hacer este análisis, primeramente, se ha estudiado cómo se comportan las sombras en los edificios Trade a través de simulaciones en modelos 3D en SketchUp. Esto ha sido necesario porque el programa CE3X no acepta fácilmente volumetrías curvas en sus análisis así que hemos simplificado la forma del edificio a prismas puros.

Empezamos la investigación con un estudio de sombras en las diferentes épocas del año para comparar cómo el comportamiento de la volumetría pura se distinguía de la volumetría curvilínea.

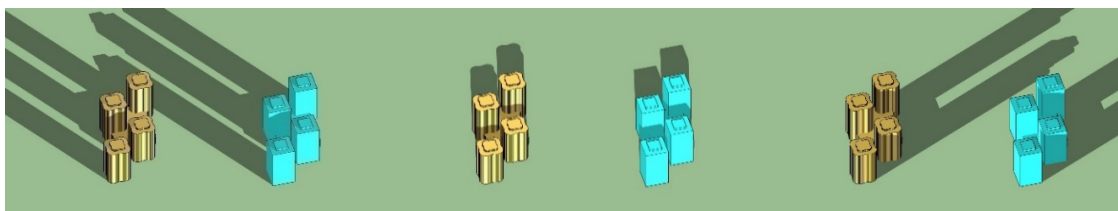


Ilustración 58: Estudio de sombras comparativo en enero 9:00h, 12:00h y 17:00h

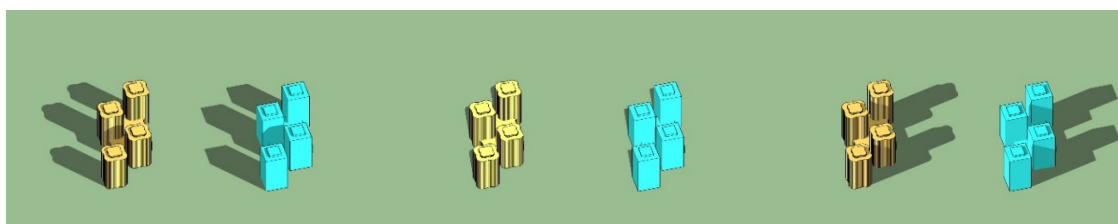


Ilustración 59: Estudio de sombras comparativo en marzo 9:00h, 12:00h y 17:00h

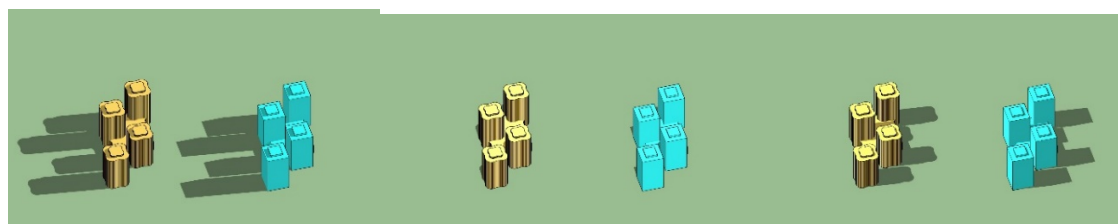


Ilustración 60: Estudio de sombras comparativo en julio 9:00h, 12:00h y 17:00h

Como es sabido, debido a la inclinación del planeta, tenemos un cambio en las sombras de cada época del año. Según explica el científico Alfred Rosenberg, a lo largo del año, las sombras que se proyectan sobre la Tierra van variando. Tras el solsticio de verano, las sombras son las más pequeñas de todo el año. Luego, en invierno ocurre justo al revés; cuando el Sol va bajando hacia el Sur, las sombras son mucho más largas. Además, la radiación solar en verano es mucho más larga que en invierno, debido al

tiempo de sol que tenemos durante el día. Para los edificios Trade, como se puede observar en las imágenes, ocurre lo mismo.

Analizando a través de las imágenes la influencia solar en las dos volumetrías, podemos notar más claramente las diferencias entre el comportamiento del sol en la torre oeste con la volumetría original, y con la volumetría adaptada al programa:

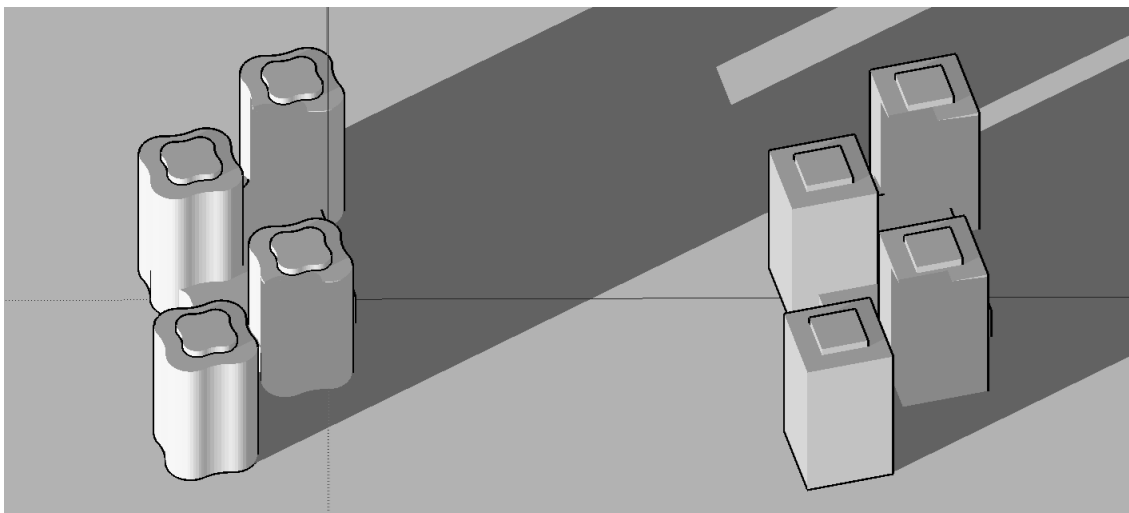


Ilustración 61: Relación luz y sombra entre las dos torres

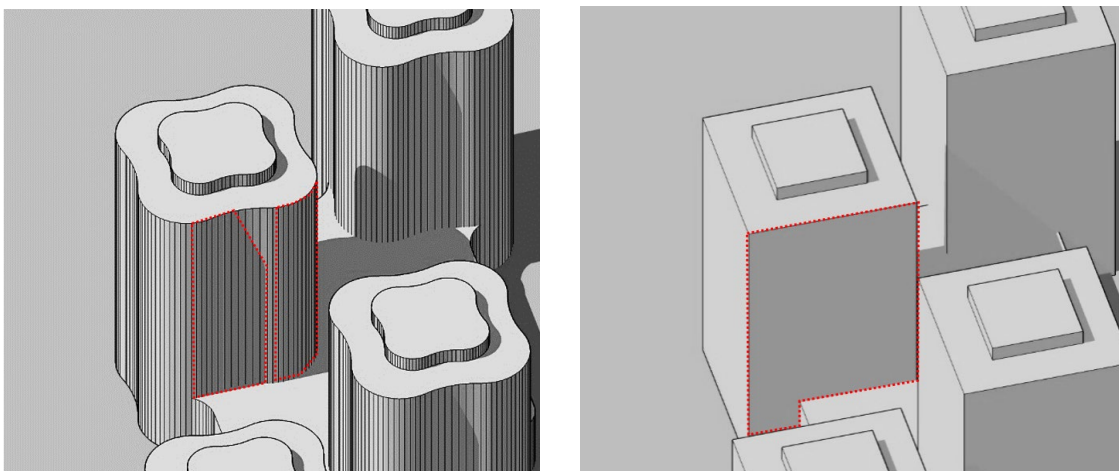


Ilustración 62: Relación luz y sombra - torres sinuosas Ilustración 63: Relación luz y sombra - torres prismáticas.

En este estudio, hemos constatado que, debido al diseño sinuoso de las torres, cada arista suavizada de la torre posee una ligera influencia en las sombras de las fachadas del edificio, lo que aumenta un poco el tiempo de sombra en las caras cóncavas de las torres, mientras disminuye el tiempo de sombra en las caras convexas. Estos tiempos, si se comparan con el comportamiento de torres con formas prismáticas puras, prácticamente se anulan, resultando un comportamiento de sombra/tiempo similar en las dos volumetrías.

Sabido esto, consideramos la torre oeste como un prisma puro de dimensiones de 21,63 m x 21,63 m de base cuadrada con una altura de 30 metros, a fin de obtener el área de fachada de la torre igual que la de la torre edificada. El área de planta es entonces de 468m² y el área de una fachada el de 648,9m².

Para completar el estudio de sombras en la torre oeste, se elaboró el patrón de sombras para las fachadas sureste, noreste y noroeste del edificio dado que la fachada suroeste de la torre recibe sol todo el año y no posee obstáculos que puedan hacerle sombra.

Patrón de sombra SE:

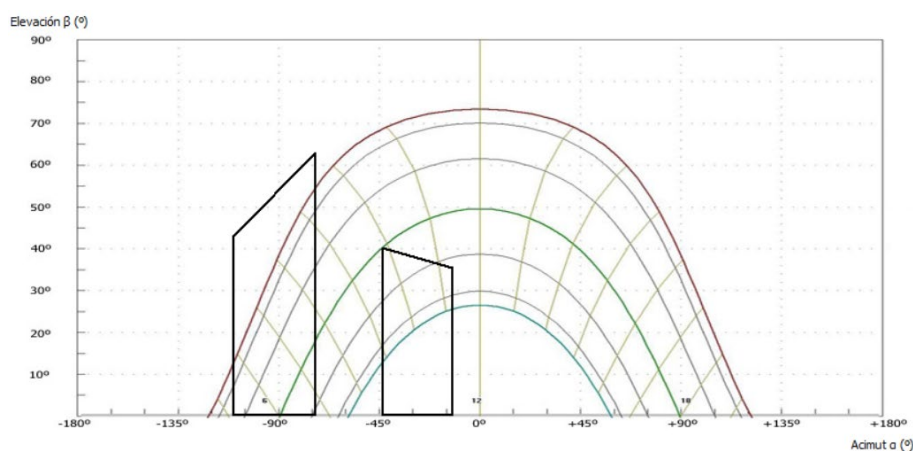


Ilustración 64: Patrón de sombras SE. Fuente: CE3X

Patrón de sombra NE:

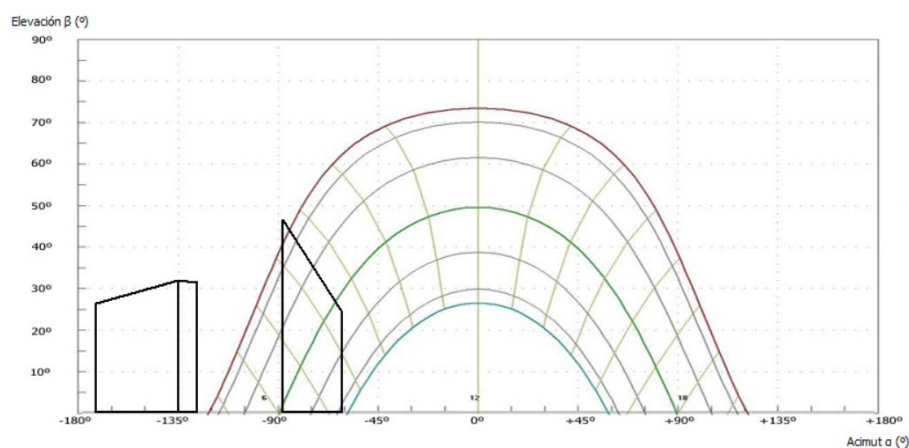


Ilustración 65: Patrón de sombras NE. Fuente: CE3X.

Patrón de sombra NO:

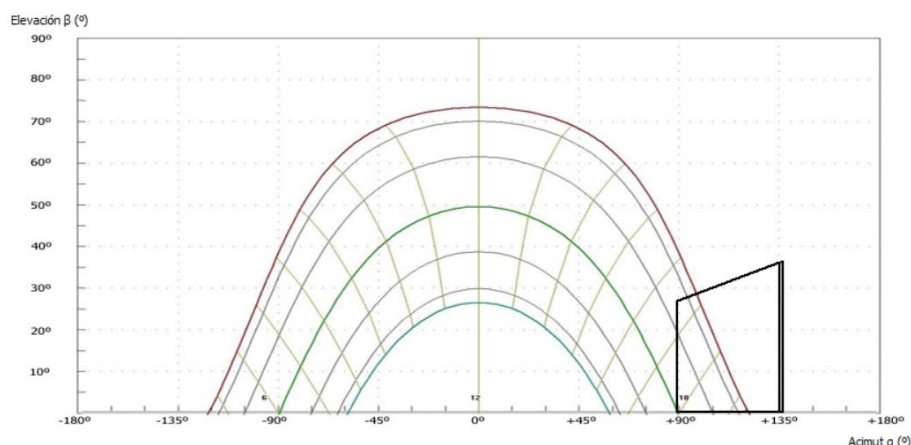


Ilustración 66: Patrón de sombras NO. Fuente: CE3X.

En seguida, los materiales de los cerramientos fueran definidos e insertados en el programa. Las áreas de cada ventana, fueran calculadas a través de los detalles constructivos del muro cortina y multiplicadas por la cantidad de módulos de cada fachada. Para asumir los materiales de los antepechos tambien se utilizaron detalles constructivos elaborados por Rentería (2013) y fotos del estado actual del edificio durante la reforma de una de las plantas. De este modo obtuvimos las cantidades de cada material, que están especificadas en la tabla inferior:

MURO CORTINA						
PARTE SUPERIOR	Base (m)	Altura (m)	Superficie unidad(m ²)	Cantidad por fachada	Superficie total (m ²)	Porcentaje de marco (%)
Vidrio	0,8	1,75	1,4	270	378	12,79
Montante aluminio	0,06	1,75	0,105	270	28,35	
Marco aluminio 2	0,74	0,1	0,074	270	19,98	
				Superficie total (m ²)	426,33	
ANTEPECHOS						
Vidrio	0,74	1,2	0,888	270	239,76	
Marco aluminio	0,06	1,2	0,072	270	19,44	
Marco aluminio 2	0,74	0,05	0,037	270	9,99	
Camara de aire (15 cm)	0,8	0,9	0,72	270	194,4	
Ladrillo cerámico 1/2 pie	0,8	0,9	0,72	270	194,4	
Camara de aire (10cm)	0,8	0,9	0,72	270	194,4	
Ladrillo cerámico 1/2 pie	0,8	0,9	0,72	270	194,4	
Pintura (1 mm)	0,8	0,9	0,72	270	194,4	
Hormigon Forjado	0,8	0,3	0,24	270	64,8	
Consumo energético anual (kWh)	6393,04					

Tabla 4: Materiales del muro cortina

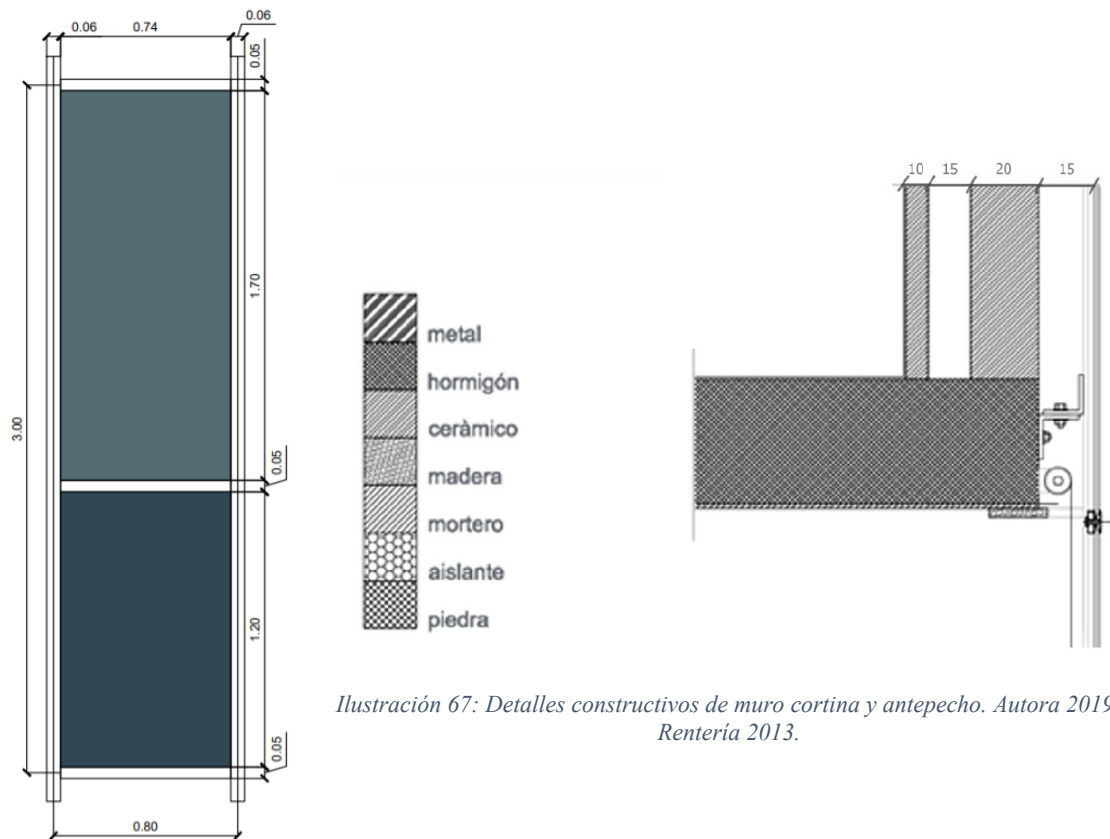


Ilustración 67: Detalles constructivos de muro cortina y antepecho. Autora 2019; Rentería 2013.



Ilustración 68: Interior del de antepecho de la torre leste y instalaciones. Autora, 2019.



Ilustración 69: Interior del de antepecho de la torre leste. Autora, 2019.

El sistema constructivo se constituye, por lo tanto, por tres cerramientos base: los antepechos, con una transmitancia térmica calculada de $1,06 \text{ m}^2\text{k/W}$; las aperturas de la parte superior del muro cortina con transmitancia térmica de $5,7 \text{ m}^2\text{k/W}$, y la cubierta con $U = 3,02 \text{ m}^2\text{k/W}$.

Estos valores fueron adquiridos considerando que las ventanas poseen vidrio simple, con carpintería sin rotura de puente térmico, pero con vidrios que presentan un corrector de factor solar. Los vidrios utilizados en los edificios Trade son consecuentes con la preocupación por la problemática del sobrecalentamiento e iluminación interior de los espacios. Este tema ya era una preocupación en los años 60, principalmente para obras arquitectónicas como las de Coderch, como se puede notar en proyectos como el hotel del Mar de Mallorca, que posee estrategias de producción de sombras en fachada y uso

de vidrio tintado o el proyecto de las Torres La Caixa, también situado en la avenida Diagonal, que tiene como principal característica su muro cortina de vidrio tintado oscuro.

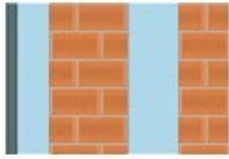
Como es sabido, los vidrios simples transparentes poseen un elevadísimo factor solar (FS-80-85%). Pero gracias a la técnica de tintado de los vidrios desarrollada en la década de 60, que también debían ser templados para soportar el proceso de tintado, los vidrios llegaban a alcanzar niveles de factor solar de FS-50 %. De este modo para el vidrio utilizado en los Trade, se ha considerado un factor solar de 57%, que es el factor solar del vidrio Parsol 6 mm gris encontrado en el programa para evaluación de vidrios CalumenLive.

Después de hacer los cálculos de áreas y la toma de datos necesarios, insertamos los cerramientos de la envolvente especificando los materiales utilizados. Dado que se trata de un sistema constructivo de muro cortina, los cerramientos se dividieron en antepecho y cubierta, añadiendo en seguida, las aperturas que corresponden a las ventanas. La materialidad ha sido definida por las capas demostradas en las tablas:

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Sodocálcico [inc. Vidri...	Vidrios	0.02	0.02	1	2500	750
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.19	-	-	-	-
1 pie LP métrico o cat...	Fábricas de ladrillo	0.225	0.20	0.667	1220	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.19	-	-	-	-
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.15	0.10	0.667	1140	1000



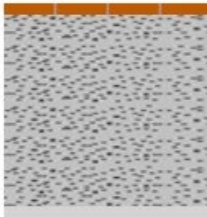
$R1 + \dots + Rn$
0.77 m²K/W

Ilustración 70: Características de cerramiento del antepecho. Fuente: CE3X.

Nombre

Características del cerramiento

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Azulejo cerámico	Cerámicos	0.008	0.01	1.3	2300	840
Hormigón convencio...	Hormigones	0.158	0.3	1.9	2400	1000
Mortero de yeso	Morteros	0.025	0.02	0.8	1500	1000



$R1 + \dots + Rn$
0.19 m²K/W

Ilustración 71: Características de cerramiento de la cubierta. Fuente: CE3X.

Luego, se insertaron los datos de las instalaciones, según ha sido verificado en una entrevista y visita a las instalaciones del edificio, junto al responsable de mantenimiento de la empresa VEOLIA. Las instalaciones consideradas fueron de calefacción, con caldera de condensación a gas de potencia nominal de 500kW y rendimiento nominal a 97%; torre de refrigeración para un consumo anual de 6393,04 kWh, climatizador con caudal de ventilación de 16700m³/h, y equipos de iluminación con lámparas fluorescentes lineales, típicas de edificios de oficinas más antiguos. Los equipos de agua caliente sanitaria no fueron insertados dado que no hay demanda en el edificio, excepto por despachos puntuales que poseen instalaciones individuales.

A través de los datos insertados, el programa generó un informe con las calificaciones energéticas del edificio. La calificación general es de 36,7 kgCO₂/m², quedando con la nota E. Teniendo en cuenta que la media de calificación energética se queda entre las letras D-E, podemos considerar que el edificio presenta un comportamiento esperado para la edad que tiene, y no está tan mal gracias a la rehabilitación de instalaciones hecha recientemente. Aun así, el edificio está lejos de

llegar a las exigencias nZEB, que serán, muy pronto, imprescindibles en el ámbito de la construcción.

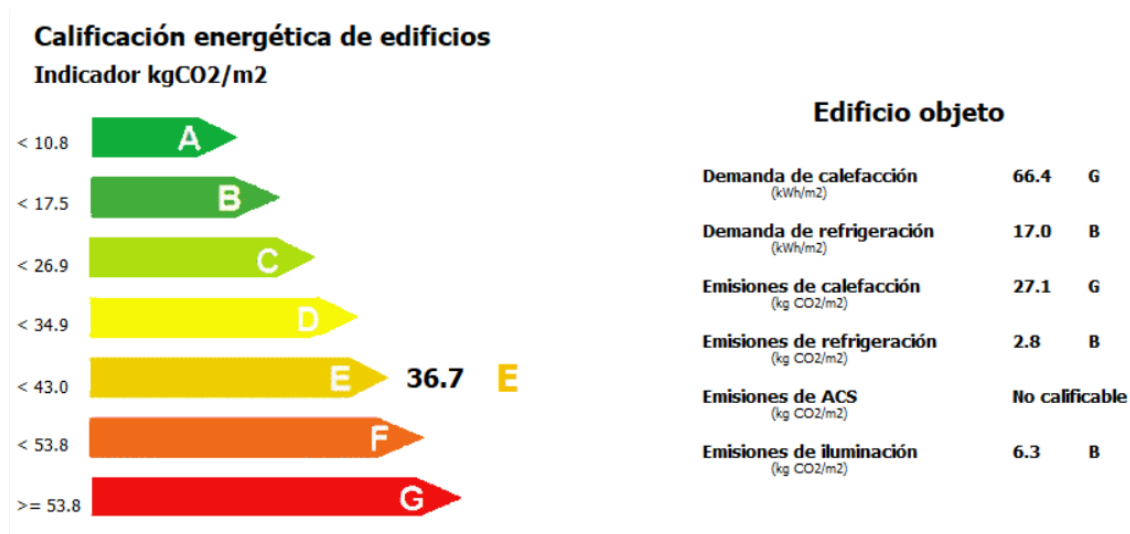


Ilustración 72: Calificación energética actual de los edificios Trade. Fuente: CE3X.

Sin embargo, a fin de mejorar el comportamiento energético del edificio, el programa CE3X nos indica algunas medidas de mejora por defecto. El resultado de la calificación actual del edificio demuestra que una rehabilitación energética realmente es necesaria para alcanzar, como mínimo, una nota C en la escala de calificación a fin de extender el tiempo de vida útil del edificio de manera acorde con los estándares actuales. Así, se han efectuado algunas pruebas con las medidas de mejora que proponía el programa, que están especificadas en los anexos. Sin embargo, las medidas de mejora propuestas por el programa no siempre son las ideales, sirviendo más bien como una guía para el investigador.

Características de la medida de mejora

Nombre de la medida	Elemento mejorado	Nota caso base mejorado
Incorporación/mejora de sistema de energía solar térmica para calefacción	Mejora Instalaciones	31.34 D
Incorporación/mejora de sistema de energía solar térmica para refrigeración	Mejora Instalaciones	36.19 E
Incorporación/mejora de sistema fotovoltaico	Mejora Instalaciones	35.36 E
Sustitución de equipos de generación para calefacción por caldera de alta eficiencia en...	Mejora Instalaciones	27.29 D
Sustitución de calderas de combustión por otras de mayor eficiencia energética	Mejora Instalaciones	27.28 D
Sustitución de equipos de generación para ACS por caldera de biomasa	Mejora Instalaciones	36.72 E
Sustitución de equipos de generación para calefacción por caldera de biomasa	Mejora Instalaciones	11.17 B
Sustitución de equipos de generación para calefacción por bomba de calor de alta eficie...	Mejora Instalaciones	14.91 B
Sustitución de equipos de generación para refrigeración por bomba de calor de alta eficie...	Mejora Instalaciones	35.35 E

Ilustración 73: Medidas de mejora de instalaciones propuestas por el programa CE3X. Fuente: CE3X.

Primeramente, el programa nos enseña que para mejorar la eficiencia energética del edificio una de las medidas más cruciales se basa en cambiar la caldera. Por defecto, la caldera con la mejor calificación sería la caldera de biomasa, que utiliza como fuente de energía combustibles naturales como los pellets de madera, huesos de aceituna, residuos forestales, cáscaras de frutos secos, etc. para generar calefacción. A pesar de ser considerada la caldera más ecológica en el mercado, su utilización no es tan sencilla para un edificio comercial/administrativo con esta volumetría. Además, no cabe plantear la implantación de nuevas instalaciones de frío y calor en este momento, dado que los equipos han sido cambiados hacen pocos años. No habría, por tanto, una causa suficientemente justificable para cambiarlos en este momento, cuando ya utilizamos una caldera de condensación que tiene un alto rendimiento de 97%, que ya está dentro de la nueva normativa y posee características básicas acordes con las construcciones energéticamente eficientes. De todos modos, en una futura rehabilitación dentro de más años, podría ser necesario cambiarla, pero seguramente los equipos de calefacción y la normativa ya estarán con nuevos estándares sostenibles que no corresponden a los actuales. En el apartado de medidas de mejora de las instalaciones, el programa también indica que la incorporación de un sistema de energía solar térmica para calefacción también ayudaría en la mejora del edificio, así que es interesante plantear la incorporación de este sistema.

Además de las instalaciones el programa muestra que una adición de aislamiento térmico exterior o interior resultan en una mejora en el comportamiento energético del edificio.

Características de la medida de mejora		
Elemento mejorado	Aislamiento térmico	
Tipo de medida	Medida por defecto	
Nombre de la medida	Elemento mejorado	Nota caso base mejorado
Adición de aislamiento térmico en fachada por el exterior	Adición de Aislamiento Térmico	30.23 D
Adición de aislamiento térmico en fachada por el interior o relleno de cámara de aire	Adición de Aislamiento Térmico	35.9 E
Adición de aislamiento térmico en cubierta	Adición de Aislamiento Térmico	35.95 E

Ilustración 74: Medidas de mejora de aislamiento propuestas por el programa CE3X. Fuente: CE3X.

En este caso, a pesar de ser un sistema SATE el que más mejoraría las prestaciones del edificio según el programa, se desestima su uso por respecto al patrimonio arquitectónico en cuestión, así que la solución más interesante sería la opción de rellenar la cámara de aire de los antepechos con materiales aislantes sostenibles, como, por

ejemplo, la celulosa. Los aislamientos térmicos basados en la celulosa son sostenibles en dos sentidos: la celulosa es un material proveniente de la madera, material renovable, y además estos aislamientos térmicos suelen ser realizados con residuos de papel (básicamente de periódico), lo que configura una práctica de reciclaje. Además, según la documentación técnica de la empresa Aislanat, este material requiere poca energía para fabricarlo y el producto final es ligero, con un coeficiente de Conductividad Térmica de 0,040 W/m·K.

El residuo de papel es molido y tratado con sales de bórax que le proporcionan propiedades ignífugas, insecticidas y antifúngicas. Se obtienen así fibras de pequeño tamaño que pueden insuflarse en los huecos entre paredes y techos. Otra opción es prensarlas para formar mantas aislantes con las que recubrir esos mismos huecos obteniéndose así un elevado grado de aislamiento tanto térmico como acústico. Esta segunda opción sería interesante en el caso de los edificios Trade para mantener una cámara de aire, disminuyendo la conductividad térmica de los cerramientos. A pesar de ello la ejecución de esta técnica es más elaborada, y el problema más intenso del cerramiento está concentrado en las aperturas y montantes de aluminio sin rotura de puente térmico. De esta forma, el ideal sería insuflar la celulosa en los huecos, reforzando así, el aislamiento de los antepechos.

Características de la medida de mejora

Elemento mejorado	Huecos
Tipo de medida	Medida por defecto

Nombre de la medida	Elemento mejorado	Nota caso base mejorado	Comentarios
Sustitución de vidrios por otros más aislantes	Sustitución/mejora de Huecos	26.7 C	
Sustitución de vidrios con control solar	Sustitución/mejora de Huecos	35.44 E	
Sustitución de ventanas	Sustitución/mejora de Huecos	24.99 C	
Mejora Estanqueidad Ventanas	Sustitución/mejora de Huecos	36.65 E	
Incorporación de doble ventana	Sustitución/mejora de Huecos	28.38 D	

Ilustración 75: Medidas de mejora de huecos propuestas por el programa CE3X. Fuente: CE3X.

Por último, el programa nos ofrece opciones para mejorar las prestaciones térmicas de los huecos, que son uno de los aspectos más importantes en los edificios Trade dado su sistema de muro cortina. Como podemos constatar, todas las opciones que involucran la adición o sustitución de solamente un elemento del sistema de ventanas, tienen un impacto reducido en la mejora energética de los huecos. Además de esto, la sustitución de materiales o la incorporación de una doble fachada podría generar problemas, como de condensación, por ejemplo, mejorando algunas cuestiones

energéticas del edificio, pero creando una nueva patología. Siendo así, la opción que dispone de un incremento más considerable de eficiencia energética y que generaría menos problemas de comportamiento es la sustitución total de las ventanas.

Esta solución es bastante efectiva, pero exige una gran inversión económica, dado que toda la fachada es de muro cortina. Por este motivo, nos proponemos estudiar soluciones para esta fachada acristalada que permitan conservar sus calidades estéticas, manteniendo inclusive sus características ópticas de reflejos, pero con el objetivo de transformar el edificio para mejorar su comportamiento energético. El reto es encontrar soluciones que no desechen todo el material de construcción existente, o que propongan el reuso o reciclaje del mismo.

5.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO GLOBAL CON DESIGN BUILDER

El programa Design Builder es un software informático especializado en la simulación ambiental y energética de edificios, que permite hacer análisis de edificios completos a través del modelado 3D y bases de datos. Este programa ha sido utilizado para entender algunos aspectos de confort de todo el complejo de edificios Trade. Se eligió el Design Builder como segunda plataforma para el análisis energético por ser una herramienta que permite construir una simulación en 3D más detallada. Dado que la forma del edificio objeto de estudio es compleja e implementa formas sinuosas con muchos ángulos de fachada, el programa ha sido ideal para efectuar un análisis general del edificio, incluyendo las cuatro torres y los bajos.

En primer lugar, se ha modelado el edificio en 3D, implantándolo, a través de bases de datos y orientación según el norte, en la ciudad de Barcelona, con las condiciones climáticas de ésta. A través de la parametrización de datos, se establecieron las capas constructivas del proyecto, el porcentaje de huecos, las instalaciones detalladas y las actividades del edificio. Este último incluye datos detallados de condiciones de confort, que incluyen la estimación sobre el aislamiento debido a la vestimenta, es decir “clo”, la estimación de los patrones de actividad y los niveles “met” asociados a la actividad de oficinas o cualquier actividad designada a una zona determinada.

- Suelo interno del proyecto
- Cubierta ligera hormigón y racilla
- ANTEPECHO TRADE
- Suelo externo del proyecto
- Suelo sobre terreno del proyecto
- Cubierta uralita
- Sgl Green 6mm
- SglClr 3mm

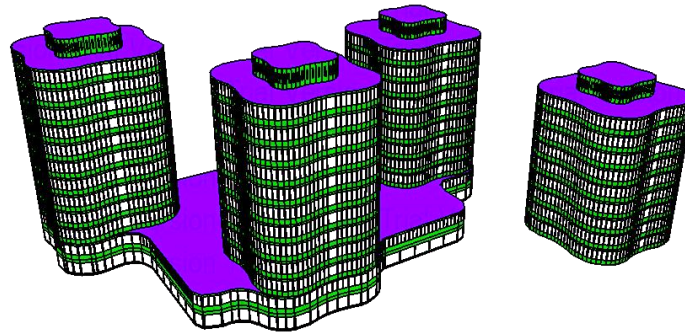


Ilustración 76: Esquema 3D generado en Design Builder. Fuente: Elaborado por la autora, 2019.

En la primera simulación, el programa nos da unos datos climáticos generales que nos pueden guiar a hacer dibujos que utilizan de los vientos predominantes en caso de tener que proyectar soluciones arquitectónicas sostenibles desde el dibujo. Sin embargo, como los edificios Trade tienen una configuración de fachada bastante consolidada y estanca, no hay tanta influencia de los vientos en el edificio actual. La temperatura exterior, por ejemplo, sí que nos importa, dado que estamos analizando un edificio que se sitúa en un clima mediterráneo y, por lo tanto, puede necesitar soluciones que trabajen de manera diferente en invierno y en verano, y de acuerdo con las posiciones de fachada.

Datos climatológicos - EDIFICIOS TRADE

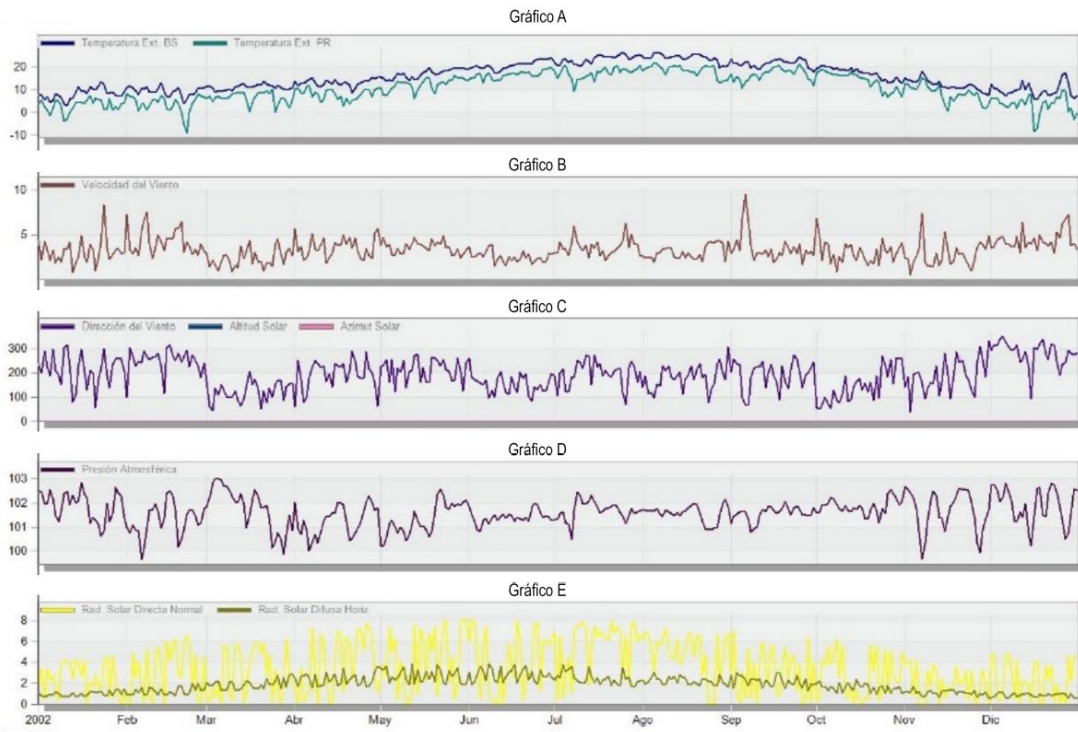


Ilustración 77: Gráficos de datos climatológicos. Fuente: Design Builder.

En seguida tenemos los gráficos de temperaturas, ganancias de calor y consumo energético de los edificios Trade. Estos gráficos se basan en bases de datos según el programa Energy Plus. El primer gráfico (Gráfico F) muestra el consumo energético a lo largo del año, demostrando el consumo de los combustibles (gas y electricidad) en kWh.

Temperaturas, ganancias de calor y consumo energético - EDIFICIOS TRADE

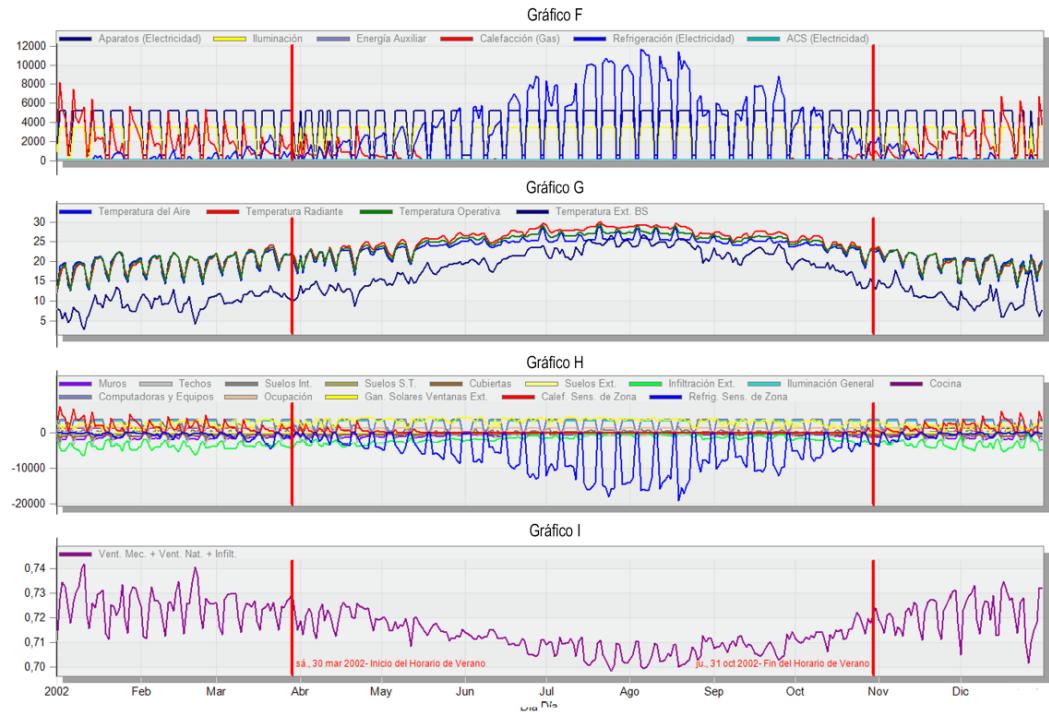


Ilustración 78: Gráficos de temperaturas, ganancias de calor y consumo energético. Fuente: Design Builder.

En este gráfico (Gráfico F) se puede notar que el consumo de gas por calefacción estimado es más intenso entre los meses de enero y mayo, y vuelven a ser utilizados en octubre. Ya la refrigeración se ve presente casi todo el año, pero es muy alta en los meses de julio y agosto, llegando a casi 12000 kWh. Además, el gráfico muestra el uso de electricidad estimada de los aparatos, iluminación y energía auxiliar que son bastante constantes durante el año. El consumo de agua caliente sanitaria se presenta como cero porque el edificio no posee equipos de ACS general, así que se ha desconsiderado este tipo de instalación en este análisis.

El segundo gráfico de este apartado (Gráfico G) se trata de un estudio de temperaturas. En éste podemos notar que la temperatura radiante, temperatura operativa y temperatura del aire son bastante parecidas en los meses más fríos y se diferencian ligeramente en verano. La temperatura exterior presenta una brecha notable en relación a las temperaturas del interior, principalmente en invierno. Esto se da porque en invierno tenemos temperaturas ambiente bastante bajas y necesitamos un incremento en la temperatura interior más alto que en verano.

Los dos últimos gráficos (Gráficos H y I) representan el balance térmico y el análisis de ventilación respectivamente. En el balance térmico vemos que los aspectos responsables por bajar temperaturas son, principalmente, los equipos de refrigeración, que de hecho es lo más representativo, además de la infiltración exterior y las cubiertas. Los otros aspectos presentes significan ganancias de calor.

Si analizamos solamente la refrigeración durante un día de verano (15 de julio) tenemos los gráficos de temperaturas y ganancias de calor.

Temperaturas y ganancias de calor - EDIFICIOS TRADE

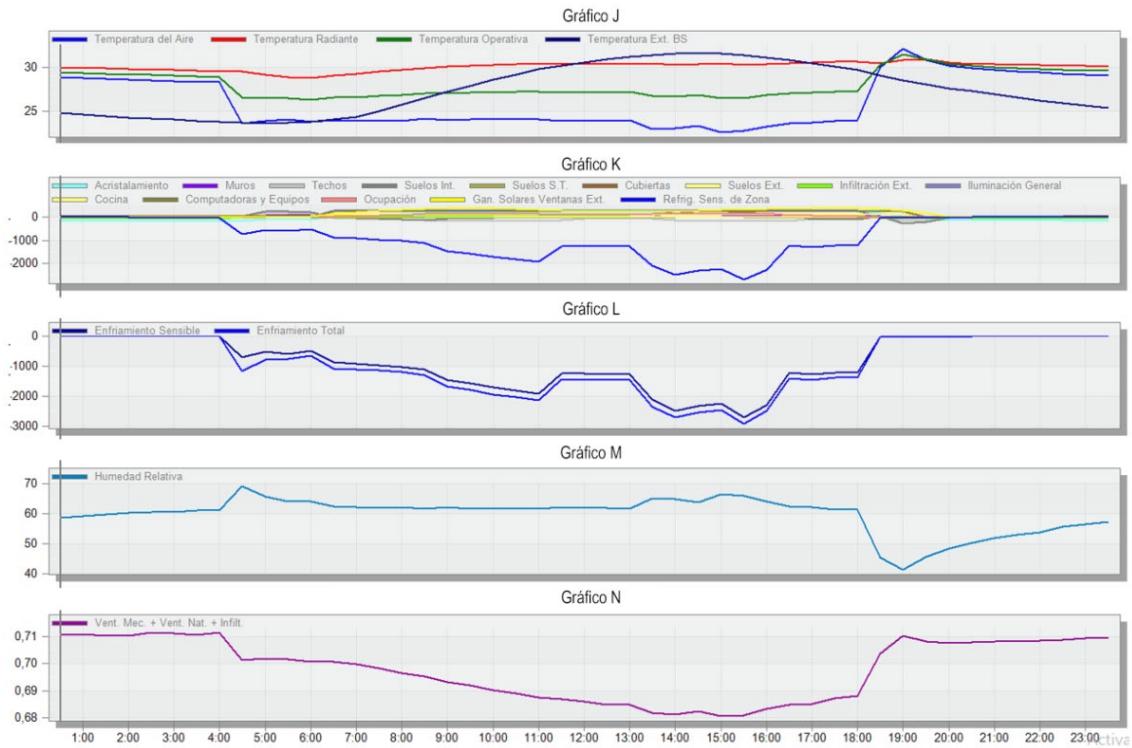


Ilustración 79: Gráfico de temperaturas y ganancias de calor. Fuente: Design Builder.

Como podemos notar en el gráfico “K”, el acristalamiento del edificio pierde calor por la noche (entre las 19:00h y las 6:00) y gana calor durante el día, obligando un uso intenso de refrigeración durante el día en meses de verano.

Además, aun podemos notar que, también en el gráfico de balance térmico en el cálculo de calefacción (Gráfico P), el acristalamiento, de color azul claro, es el elemento constructivo más responsable por pérdidas de calor, seguido por los muros, cubiertas y forjados, que tienen un porcentaje considerablemente menor que el vidrio. Toda esta pérdida de calor debe ser suplida por la calefacción en invierno, lo que demanda una gran cantidad de energía a ser utilizada en este edificio.

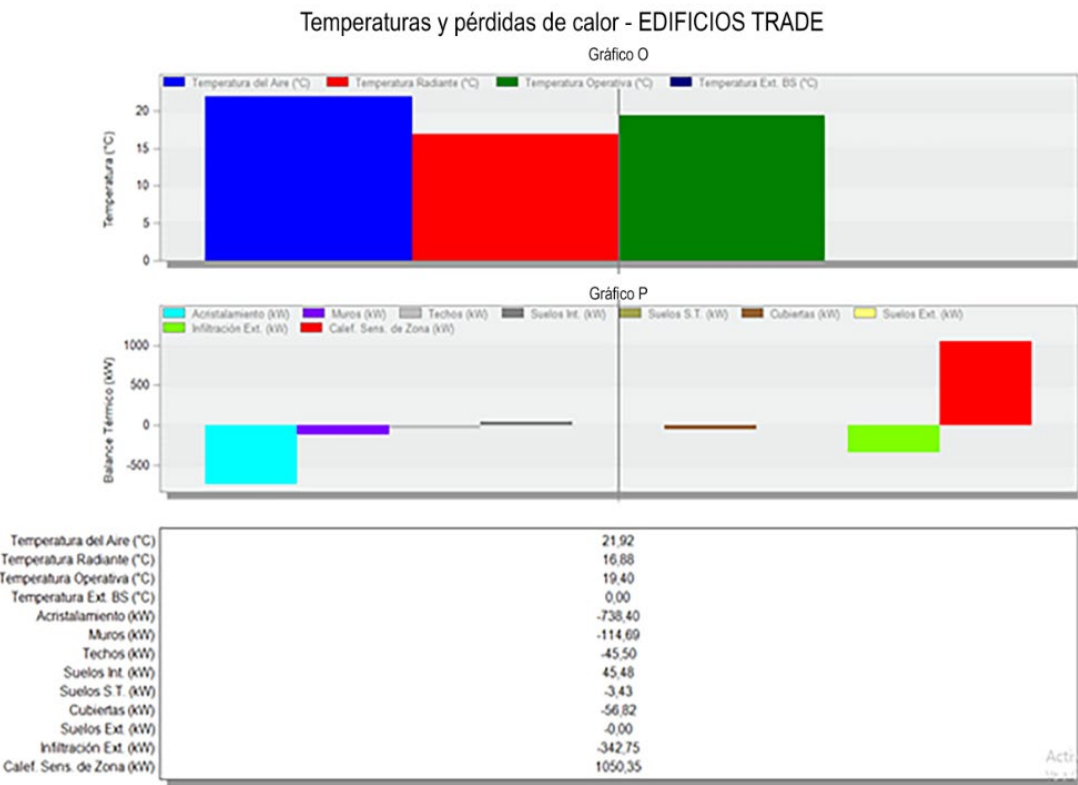


Ilustración 80: Gráficos de temperaturas y pérdidas de calor. Fuente: Design Builder.

Este gráfico (Gráfico P) nos lleva a entender, por tanto, que la carencia más significativa para que el edificio tenga un buen comportamiento energético en invierno está, de hecho, relacionada con el sistema de muro cortina, que, por ser de la década de 60, no presenta prestaciones adecuadas con los requisitos actuales.

Por último, el programa nos permitió sacar un análisis de la iluminación natural en el edificio durante el año. En las figuras abajo tenemos un análisis de la iluminancia del edificio. Podemos notar que, en los perímetros, que son donde están las oficinas, tenemos presencia de mucha luz natural que puede ser bastante bien aprovechada durante el día, e incluso debe ser controlada con el uso de screens por ejemplo. En la parte central de las torres hay una gran ausencia de luz natural así que es necesario tener luz artificial. A pesar de ello, dado que el uso de estos locales es apenas de circulación y servicio, estrategias de ahorro energético como sensores de presencia deberían de ser planteados en una rehabilitación.

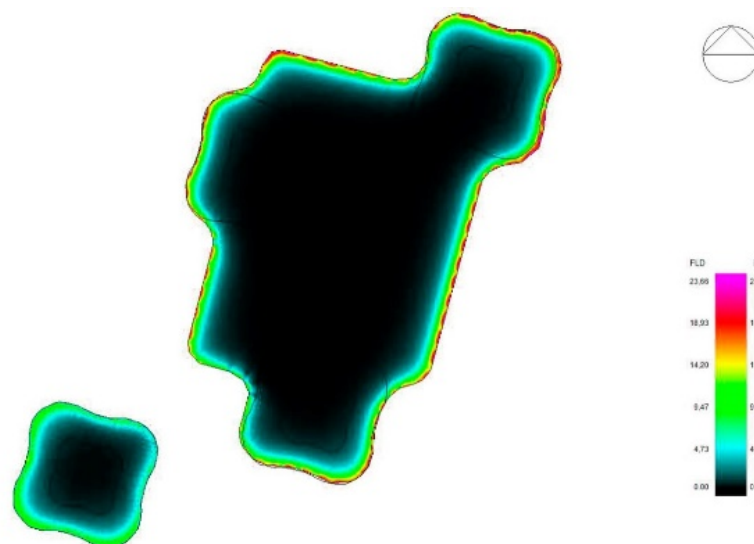


Ilustración 81: Estudio de iluminación natural en el entresuelo. Fuente: Design Builder.

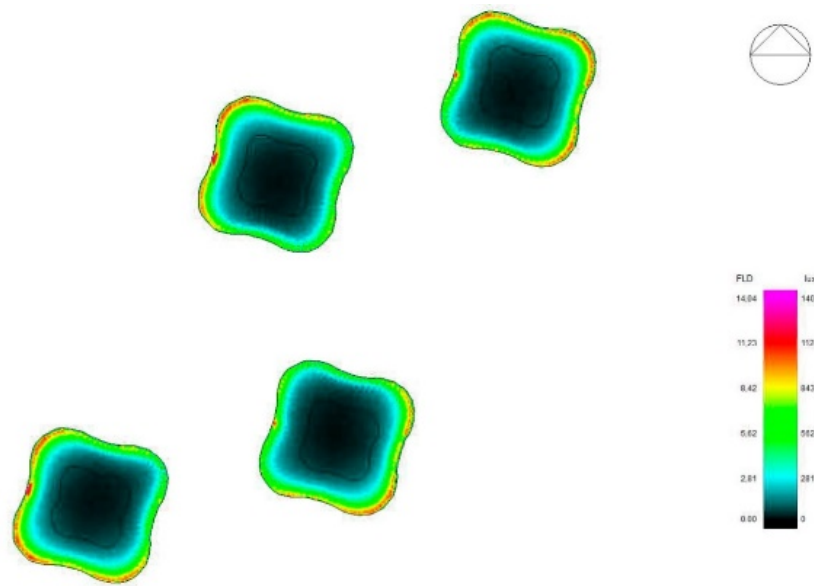


Ilustración 82: Estudio de iluminación natural en las torres. Fuente: Design Builder.

6. DIAGNOSIS Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

A través de los análisis hechos es posible entender que, en este momento, el edificio tiene tres aspectos que tienen urgencia a ser mejorados:

- 1) La envolvente del edificio: por ser la más grande responsable por las pérdidas y ganancias de temperatura.
- 2) La iluminación artificial y control de la luz natural: por no tener ningún tipo de estandarización y carecer de sistemas de ahorro energético
- 3) La gestión de usuarios: los principales problemas de ahorro energético que no están relacionados a la envolvente están relacionados con el uso poco concienciado de los usuarios. El hecho de no tener control de sus gastos energéticos, aunque el sistema ya lo permita disminuye la eficiencia del edificio.

Las instalaciones de calefacción y refrigeración también son un aspecto que debería de ser tomado en cuenta, pero como ya hemos dicho, no entraremos mucho en estos sistemas por el hecho de que ya han sido cambiados en 2015 y tienen un rendimiento energético considerado eficiente de acuerdo con la normativa vigente.

Sabido esto, guiándose por el programa CE3X, se han efectuado algunos análisis de medidas de mejora del edificio a fin de proponer soluciones factibles para el caso. Recordamos que la calificación actual del edificio esta con la nota E, con 36.7 kgCO₂/m².

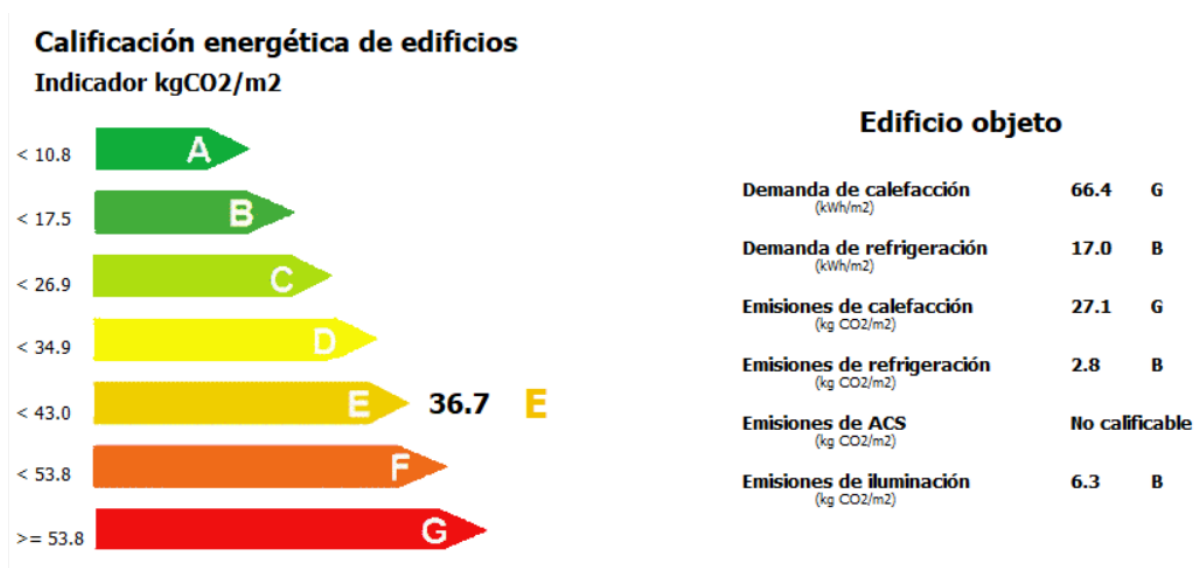


Ilustración 83: Calificación energética actual de la Torre Oeste. Fuente: CE3X.

Como se ha visto, la calificación consiste en adjudicar al edificio una clase de eficiencia de entre un grupo de 7 letras que va desde la A (edificio más eficiente) hasta la G (edificio menos eficiente). Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), “un edificio que haya mejorado suficientemente la calidad de su envuelta

y/o de sus sistemas térmicos en relación a los requerimientos mínimos exigidos por el CTE debe tener derecho a ganar una letra. En circunstancias especiales, será posible ganar más de una letra dentro de un contexto de rentabilidad económica.”.

De esta manera, intentaremos seguir por líneas de actuación que mejoren la eficiencia del edificio en, como mínimo, una letra. Sin embargo, el objetivo ideal está en escalar la calificación en dos letras, porque esto significa tener más elocuencia en procesos de ayudas y subvenciones para rehabilitaciones energéticas ofrecidos, por ejemplo, por el Ayuntamiento de Barcelona, que pueden llegar a un 30% de ayuda económica cuando hablamos de mejora de la eficiencia energética en fachadas.

Para esto, primeramente, se simularon la aplicación de algunas medidas de mejora definidas por defecto por el programa CE3X, que fueran cuidadosamente seleccionadas a fin de tener una mejora energética del edificio de manera efectiva y con inversiones justificables. Estas medidas fueron elegidas con el fin de ser las más significativas para la mejora en la eficiencia del edificio. Las medidas consisten en la incorporación de aislamiento en relleno de cámara de aire, sustitución del sistema de muro cortina e incorporación solar térmica para calefacción. Si aplicamos estas tres medidas de mejora en la torre oeste, tenemos un salto de dos letras en la calificación energética, quedando con una nota C.

Medida de mejora 01 – por defecto:

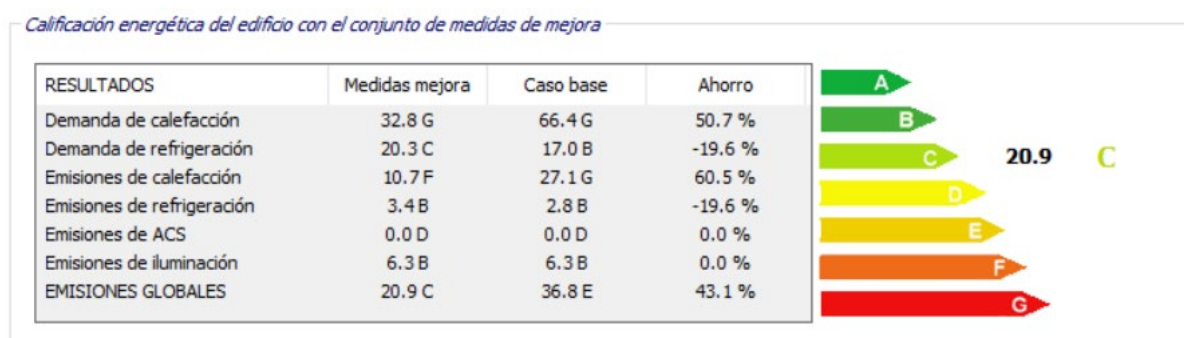


Ilustración 84: Nueva calificación energética frente a las medidas de mejor por defecto. Fuente: CE3X.

Estas medidas significan una mejora de un 43,1% en las emisiones globales producidas por el edificio, como se puede notar en el gráfico abajo:

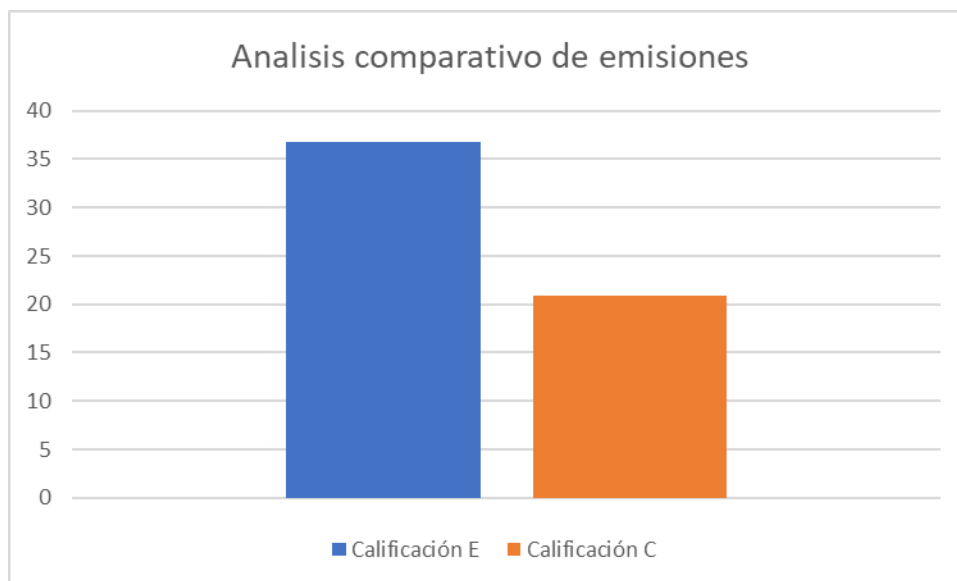


Ilustración 85: Gráfico comparativo entre calificación energética actual y calificación energética mejorada. Elaborado por la autora.

Además, se ha hecho una simulación de emisiones de carbono con cada una de las medidas de mejora separadamente a fin de saber cuál de ellas tenía más grande impacto en la eficiencia energética del edificio y en las reducciones de huella de carbono. Abajo tenemos los impactos generados por cada medida de mejora:

1- Aislamiento en relleno de cámara de aire.

(Calificación: 35.9 kgCO₂/m²)

2- Incorporación de sistemas de energía solar térmica para calefacción

(Calificación: 35.9 kgCO₂/m²)

3- Sustitución de ventanas SSG.

(Calificación: 24.2 kgCO₂/m²)

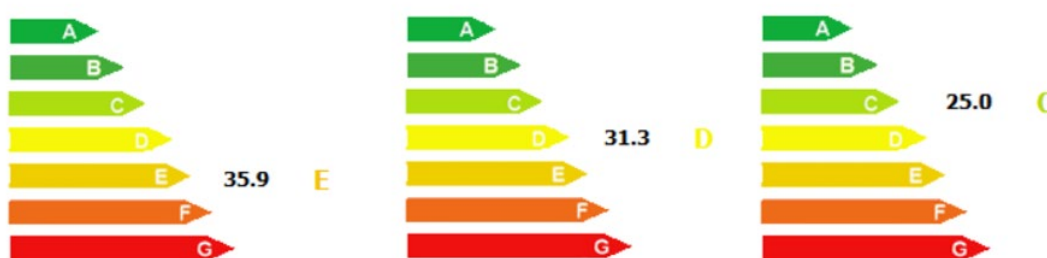


Ilustración 86: Calificaciones energéticas con la aplicación de las medidas de mejora. Fuente: CE3X

Con las calificaciones de cada medida de mejora discriminada, notamos que la inversión que tiene mayor impacto en la mejora del funcionamiento energético de la torre oeste de los Trade es la sustitución del muro cortina. De esta forma, podemos concluir que de hecho la envolvente del edificio tiene un gran impacto en sus condiciones de confort y consumos energéticos.

A pesar del programa alegar que la incorporación de sistema de energía solar térmica también tiene un impacto capaz de escalar una letra en la calificación energética, tenemos que tener en cuenta que el área útil en cubierta disponible para implantación de este sistema es muy pequeña, así que en un escenario real podríamos desechar esta medida de mejora, no contemplando líneas de actuación en ningún tipo de sistema de climatización.

De esta manera, las líneas de actuación que parecen ser cruciales en los edificios Trade son las referentes a la gestión de usuarios y a la piel. Una reeducación de los usuarios exponiendo sus consumos en relación a otros despachos y concienciando sobre el uso de las instalaciones ya puede tener un gran impacto en la reducción de los consumos energéticos, sin generar grandes costes. En este trabajo, sin embargo, nos centraremos en mejorar aspectos constructivos de la piel del edificio, enfocando en investigar opciones de mercado que se adecuen a las medidas de mejora de envolvente propuestas por el programa CE3X, y proponiendo algunas directrices para la iluminación artificial, disminución de gastos de energía, incremento de sistemas que ayuden en la producción de energía limpia y gestión de usuarios.

7. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

Guiándose por los resultados de los programas CE3X y Design Builder y a través de investigaciones de materiales de bajo impacto ambiental que disponen de altas prestaciones se establecieron las directrices de mejora energética para los Edificios Trade. El aspecto esencial estudiado en este trabajo ha sido la sustitución del muro de fachada por un sistema más eficiente. A pesar de ello, como ya se ha dicho, el tema de rehabilitación de edificios modernos es bastante delicado, pudiendo tener diferentes líneas de actuación. Por un lado, podemos considerar la eficiencia energética y las emisiones de carbono el aspecto más importante de una rehabilitación, dejando de lado los conceptos arquitectónicos originales e implementando elementos constructivos de fachada que desconfiguran la arquitectura original, pero que, a su vez, garantizan un mejor funcionamiento energético del edificio. Por otro lado, podemos considerar que el patrimonio histórico debe ser respetado a fin de mantener la huella arquitectónica que cuenta la historia evolutiva de la construcción a través de la malla urbana de la ciudad, proponiendo intervenciones mínimas en las características estéticas del edificio.

A fin de obtener un resultado que mantenga la forma y volumen proyectados por Coderch, este estudio se va a centrar en intentar mantener los fuertes aspectos estéticos del edificio buscando una mejora en la envolvente a través de la sustitución de materiales y equipos que sigan el valor estético propuesto por el arquitecto en su época.

Las medidas propuestas se dedican, por tanto, a restablecer cerramientos con mejores prestaciones aislantes, pero con características estéticas del proyecto original. Además de ello, se plantean estrategias de bloqueo solar en fachada en el muro cortina, estrategias de gestión de los usuarios, la posible incorporación de elementos para generación de energía limpia, además de incrementar la posibilidad de crear una composición arquitectónica acorde con los objetivos de construcciones Nearly Zero.

Además del valor estético, la estrategia de rehabilitación de fachada lleva como premisa los conceptos de economía circular. Dado que estamos tratando de una rehabilitación en la construcción, es necesario tener en cuenta que involucramos en este proceso una cantidad considerable de contaminación por residuos sólidos al medio ambiente que debería ser reducida, reusada y/o reciclada.

De hecho, a fin de explicar mejor estos conceptos, parece ser interesante situarnos en el momento histórico y de desarrollo que estamos viviendo actualmente. Desde la conferencia de Río de 1992, se constituyó una nueva manera de pensar la sociedad respecto a los cambios medioambientales en el ámbito económico-empresarial, donde se definió el concepto de “desarrollo sostenible”, ratificado por 180 estados. A partir de este momento, la innovación de productos y servicios, sistemas de producción y modelos de negocio, fue generada desde un nuevo paradigma de sostenibilidad para garantizar el crecimiento económico, el bienestar social y la restauración ecológica dentro de los límites del ecosistema. Los desafíos en la rehabilitación del patrimonio también están insertados en este ámbito y, por tanto, es necesario intentar crear soluciones innovadoras que se adecuen a la llamada “economía circular”, que constituye el paradigma del sistema futuro.

La economía circular es un modelo que nos permite repensar las prácticas económicas de la sociedad actual y está inspirada en el funcionamiento de la naturaleza misma. Es inseparable de la innovación y del diseño de productos y sistemas. Es parte de un marco de desarrollo sostenible basado en el principio de "cerrar el ciclo de vida" de los productos, lo que permite una reducción en el consumo de materias primas, energía y agua (Leitão 2015).

De este modo, para la sustitución del muro cortina, se propone que los vidrios originales sean reutilizados en la confección de las nuevas ventanas de manera artesanal. Se ejecutaría el desmonte del sistema de muro cortina y, los vidrios retirados que estén en buen estado serían recolocados en marcos de aluminio con rotura de puente térmico que pudiesen comportar un doble vidrio. Esta solución no es apenas por motivos de sostenibilidad, pero también por respeto a la arquitectura original del edificio, proyectada por Coderch. Utilizando los mismos vidrios, el comportamiento de la luz que incide sobre la piel mediante los reflejos y coloraciones del muro cortina se mantiene mucho más como el aspecto original ideado por el arquitecto.

Con estas directrices establecidas, seguimos para el proceso de elección de los materiales y, luego, presentamos tres escenarios de actuación.

7.1 SOLUCIONES DE MEJORA DEL MURO CORTINA

7.1.1 EL VIDRIO

La primera etapa ha sido, por tanto, la elección de este vidrio para la doble ventana, donde se utilizó el programa CalumenLive con la finalidad de componer un vidrio que mantuviera las características estéticas actuales del proyecto en su exterior, pero que mejorase sus condiciones de confort térmico y acústico.

Cómo es sabido, el vidrio actual es un Parsol de color gris de 6 mm de espesor, así que estudiamos sus características ópticas, de confort y energéticas a través del programa para iniciar la elección del nuevo acristalamiento. En seguida, se sugiere la construcción de dos ventanas diferentes con dos otros tipos de vidrio doble, que presentan mejores prestaciones que el vidrio original. En la bajo este párrafo, tenemos especificados los parámetros del vidrio utilizado en el proyecto original en los años 60:

Vidrio actual (Parsol gris 6mm):

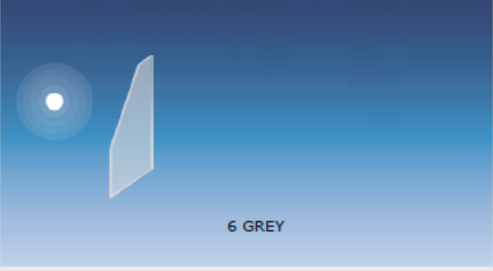










		Hoja 1 PARSOL GREY 6 mm	
Nombre : Beatriz Davi Medola Spain		Comentarios:	
 FACTOR LUMINOSO	EN410 (2011-04) Trans. Luminosa (TL) 43% Reflexión exterior (RLe) 5% Reflexión interior (RLi) 5%	 FACTORES ENERGÉTICOS	EN410 (2011-04) Trans. energética (TE) 46% Refl. energ. exterior (Ree) 5% Refl. energ. interior (REi) 5% Absorción energ. A1(AE1) 49% Absorción energ. A2 Absorción energ. A3
 TRANS. TÉRMICA	EN673-2011 Ug 5.7 W/(m ² .K) 0° respecto de pos. vertical	 FACTOR SOLAR	EN410 (2011-04) Factor Solar (g) 57% Coef. de Sombra (SC) 0.66
 DIMENSIONES DE FABRICACIÓN	Espesor nominal 6.00 mm Peso 15 kg/m ²	 ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR	Ra Trans. Luminosa 95 Ra Reflexión exterior 98
 ACÚSTICA	EN 12758 Rw(C;Ctr) 32.0000 (-1; -2) dB	 ANTI-AGRESIÓN	EN356 Resistencia Anti-Agresión NPD
 TRANSMISION UV	EN410 (2011-04) TUV 19%		
 SEG.DE USO	EN 12600 Resistencia a Impacto de Cuerpo Pendular NPD		

Ilustración 87: Características del vidrio original. Fuente: CalumenLive

Es necesario tener en cuenta que estas características son de un vidrio Parsol gris 6 mm no necesariamente de la época en que los Trade fueron construidos, pero, dado que no ha sido posible hacer pruebas de transmitancia en el edificio debido a la no disponibilidad de los propietarios, consideramos este vidrio como el que está siendo utilizado actualmente. Sabidas las propiedades de este vidrio de transmitancia térmica de 5.7 W/(m².K), factor solar de 57%, tenemos también cómo se comporta el vidrio de acuerdo con sus reflejos. La reflexión exterior es del 5%, con índice de reproducción de color en reflexión exterior de 98. A partir de estos datos, se ha hecho muchas tentativas que mejorasen de manera significativa la transmitancia térmica y que pudiesen mantener al máximo una reflexión y color correspondientes a la envolvente original. De este modo, tenemos las opciones de acristalamiento abajo indicadas:

Opción 1:

Esta primera opción de acristalamiento consistiría en reconstruir las ventanas de modo que se puedan implementar en l un sistema de vidrio doble. Este sistema se configura por una primera capa que es el vidrio original Parsol gris de 6mm reutilizado, una cámara de aire de 12 mm y un vidrio 4+4 mm. El vidrio original se queda a la cara exterior del edificio y todas las otras capas vienen seguidas de él, en el interior del edificio.

Entre la cámara de aire y la primera cara del vidrio 4+4, se propone un laminado Planitherm XN, que es un tratamiento superficial bajo emisivo que confiere al vidrio la propiedad de reflejar las radiaciones energéticas, de larga longitud de onda, emitidas por los cuerpos radiantes, y en consecuencia mejora considerablemente el coeficiente K de transmisión térmica, sin alterar la transmisión luminosa. La mejora del K produce, a su vez, un aumento de la temperatura de la cara interior del vidrio con lo que se reduce, aún más que con un doble acristalamiento ordinario, el riesgo de aparición de condensaciones y haciendo más confortable la zona próxima a la ventana (efecto de pared fría). Aliado a una cámara de aire de 12mm conseguimos el mejor aislamiento térmico.

Cámara de aire (mm.)	K (Kcal/h. m ² °C)	
	Climalit con 2 Lunas de Planilux	Climalit con 1 Luna Planitherm + 1 Luna Planilux
6	2.9	2.2
8	2.8	1.9
12	2.6	1.5

Tabla 5: Relación K/cámara de aire. Disponible en: <http://www.climavit.com/castellano/data/planitherm.html>


En los meses de invierno, los vidrios Bajo Emisivo, reducen la pérdida de calor. En los meses de verano, y en cerramientos con orientación sur, los vidrios Bajo Emisivo, pueden llegar a transmitir demasiado calor, con lo cual, para mejorar las condiciones durante todo el año y conseguir unos resultados óptimos, lo ideal es optar por una solución que combina vidrio Bajo Emisivo y control solar. (Ávila, 2017)

Por eso, entre las dos hojas de 4 mm, se propone una capa de PVB Standard (butiral de polivinilo) de 0,38, que mejora sus propiedades de protección frente a los rayos UV además de mejorar el aislamiento acústico de las ventanas, minorando la cantidad de ruido que penetra desde el exterior al interior del local. El PVB permite también, la transmisión de esfuerzos entre los vidrios, absorbiendo la energía derivada de la propagación de una grieta y uniéndolos como uno solo, aumentando la resistencia mecánica del vidrio. La

lámina de butiral también se utiliza, por tanto, para impedir el desprendimiento de fragmentos de vidrio si se produce una rotura.

Así, la capa planitherm actúa más entre los meses de noviembre y febrero, cuando la inclinación solar es más perpendicular a la fachada, posibilitando captación de calor por fachada y disminución del salto térmico a climatizar. Ya de marzo a octubre, la capa de PVB actual como protección solar para disminución de demanda de refrigeración interior.

Con esta configuración conseguimos un vidrio con transmitancia térmica de $1.6\text{W}(\text{m}^2 \cdot \text{k})$, transmisión de UV de 1%, transmisión energética de 28%, factor solar mucho más reducido que el original, siendo de 36%, reflexión exterior de 6%, apenas 1% más grande que la original, y un con índice de reproducción de color en reflexión exterior de 97, que antes era de 98. De esta manera es posible ser bastante fidel al aspecto de coloración y reflejos que proponen la estética del edificio. Todos los valores pueden ser consultados en el detalle abajo.




SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1
PLANITHERM XN F3

Hoja 1	PARSOL GREY 6 mm
12 AIR	
Capa 3	PLANITHERM XN
Hoja 2	PLANICLEAR 4 mm
PVB	PVB STANDARD 0.38 mm
Hoja 2'	PLANICLEAR 4mm

Nombre : Beatriz Davi Medola

País : Spain

Comentarios:




FACTOR LUMINOSO

EN410 (2011-04)

Trans. Luminosa (TL)38%

Reflexión exterior (RLe)6%

Reflexión interior (RLi)9%




TRANS. TÉRMICA

EN673-2011

Ug1.6 W/(m² .K)


80° respecto de pos. vertical



DIMENSIONES DE FABRICACIÓN

Espesor nominal26.38 mm


Peso35 kg/m²



TRANSMISION UV

EN410 (2011-04)


TUV1%



SEG.DE USO

EN 12600

Resistencia a Impacto de Cuerpo PendularNPD/2B2



FACTORES ENERGÉTICOS

EN410 (2011-04)

Trans. energética (TE)28%


Refl. energ. exterior (Ree)11%

Refl. energ. interior (REi)20%

Absorción energ. A1(AE1)55%

Absorción energ. A25%

Absorción energ. A3




FACTOR SOLAR

EN410 (2011-04)

Factor Solar (g)36%


Coef. de Sombra (SC)0.41



INDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR

Ra Trans. Luminosa94

Ra Reflexión exterior97



ANTI-AGRESIÓN

EN356

Resistencia Anti-AgresiónNPD

Ilustración 88: Características del doble vidrio - opción 1. Fuente: CalumenLive

Opción 2:

La segunda opción tiene la misma base de la primera, pero se proponen menos capas. La composición consiste en una primera capa que también es el vidrio original Parsol gris de 6mm reutilizado, una cámara de 12mm, un laminado Planitherm XN, y finalmente una segunda hoja Planiclear de 6mm. Estas capas se eligieron de esta manera a través de diversos testeos en el programa CalumenLive con el fin de producir un vidrio con la misma transmitancia térmica que el primero, pero que propusiera una opción más barata de rehabilitación, ya que rehabilitar todo el complejo de edificios Trade nos resultaría en cambiar aproximadamente 4.983m² de vidrio si contamos solamente los huecos, sin considerar los vidrios de los antepechos. En este caso, las prestaciones del vidrio son un poco menos eficientes si comparamos con el vidrio de la opción 1, pero también mejoran mucho las prestaciones del sistema de ventanas. Los factores que presentan cierta

diferencia son principalmente el calor de transmisión UV, que pasa de 1% a 12%, debido a la falta de la capa de PVB, y hay una pequeña alteración en el valor de transmisión energética que pasa de los 28% a los 32%.

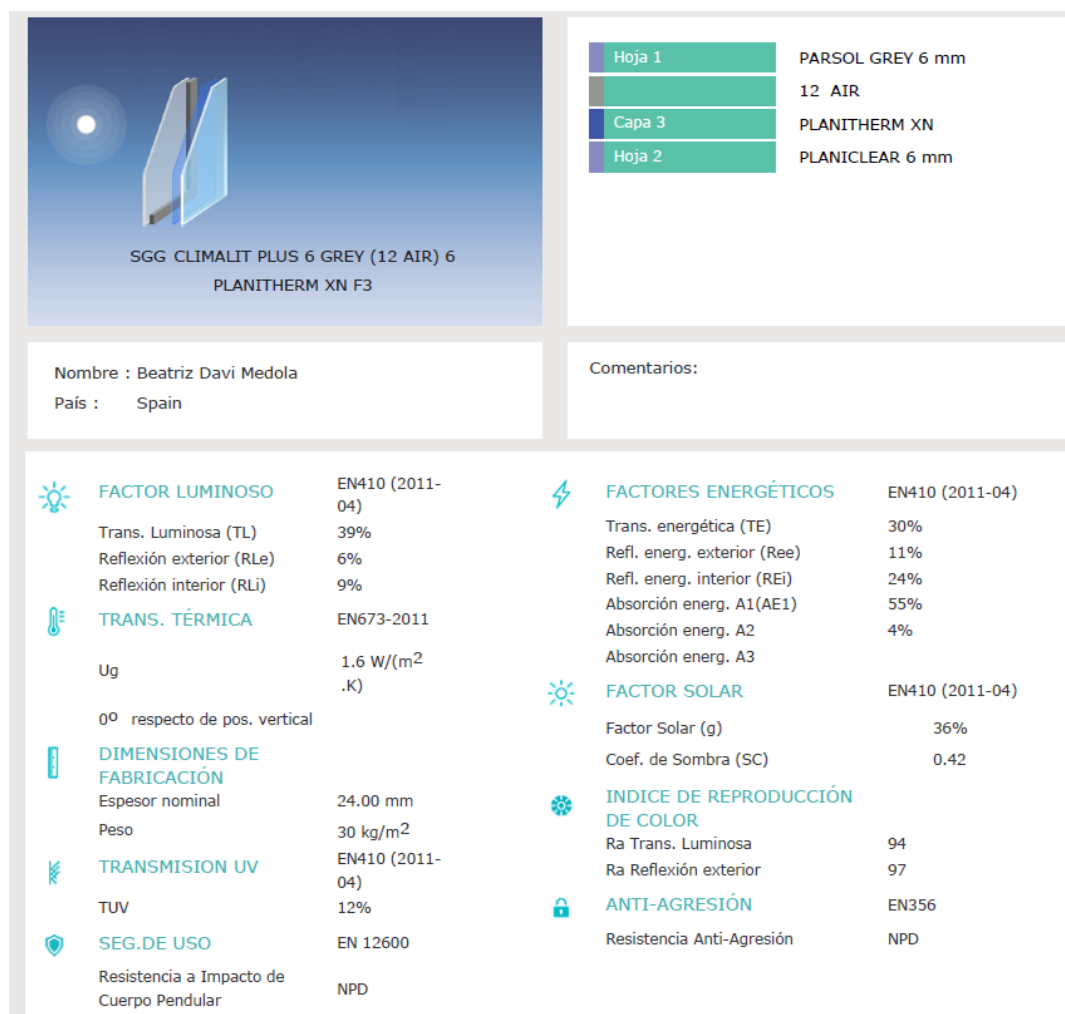


Ilustración 89: Características del doble vidrio - opción 2. Fuente: CalumenLive

De este modo, para una rehabilitación más eficiente en todos los aspectos de confort podríamos utilizar la primera opción, porque, dado que las torres tienen un mismo sistema de fachada en todas las orientaciones, sería necesario plantear sistemas que sean eficientes para todas las épocas del año y en todas las orientaciones. Se podría plantear también, que las fachadas orientadas a sur tuvieran el vidrio de la primera opción, y las fachadas orientadas para norte el vidrio de la segunda opción. Pero esto nos conllevaría a dos problemas: el primer está relacionado a los días más calientes del año, que probablemente necesitarían consumir mucha energía de los sistemas de refrigeración para mantener temperaturas agradables y, el segundo es que se tendría que plantear dos tipos de carpintería con dimensiones diferentes para cada orientación. Esto también llevaría a un

aumento del coste total, así que la inversión en un vidrio con mejores prestaciones como es el de la primera opción parece ser la opción óptima para este caso.

7.1.2 LA CARPINTERÍA

La segunda etapa para la mejora del sistema de ventanas es elegir un sistema de carpintería que se ajuste a la planta curvilínea del edificio. El arquitecto Xavier Ferrés, especialista en soluciones de alto nivel para fachadas ligeras de última generación, explica en la entrevista “Vectores de evolución - Fachadas ligeras” que, en la búsqueda tecnológica de mejorar la eficiencia energética de las fachadas ligeras, la mejora de los rellenos de las ventanas, es decir, los vidrios y paneles, han evolucionado mucho más a lo largo de los años que toda la parte de la retícula. Según él, la carpintería también tuvo su evolución, pero menos. Él cuenta que “lo que sí está ocurriendo es que se están consiguiendo mejores prestaciones con cosas muy elementales, y normalmente con cosas que no tienen que ver con el aluminio, el gran santón de todo esto era el aluminio y resulta pues que nos estamos encontrando con cada vez más piezas de poliamida, piezas de coextrusión, para poder cerrar los canales, para poder drenar mejor, para poder evitar la recirculación del aire, [...]”.(Carbonel Villanueva, 2016)

A pesar de existieren nuevos materiales de carpintería, dado que la carpintería original es en aluminio y esta aporta mucho valor estético a los edificios, sería fundamental plantear marcos con esta misma materialidad. El tema aquí es que el aluminio es un material de alta conductividad térmica y por, lo tanto, tiene que añadirse a algún tratamiento aislante.

Dado que el aluminio tiene una alta transmitancia térmica, el recomendado en nuevos sistemas de carpinterías metálicas son marcos con rotura de puente térmico, que es un elemento de mala conductividad que evita que la cara interior y exterior tengan contacto entre sí, con lo que se reducen mucho las pérdidas o ganancias de calor.

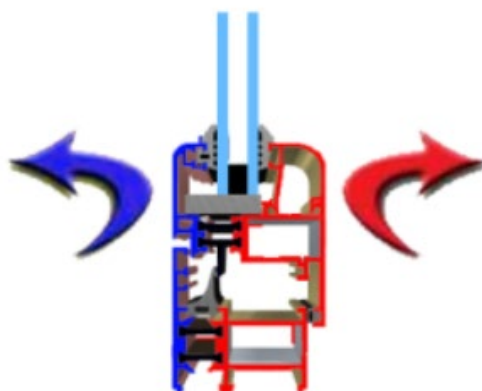


Ilustración 90: Esquema de rotura de puente térmico. Disponible en: <https://miguelgarcia.me/rotura-de-puente-termico/>

De este modo, primeramente, intentamos encontrar alguna carpintería en el mercado que correspondiese al dibujo de los montantes de los edificios Trade, respetando su la fachada de formato peculiar, sinuoso, resuelta en dientes de sierra. Este tipo de solución, es bastante única, pero también puede ser vista en el Edificio Nervión en la Via Laietana, 20 en Barcelona, realizado por el arquitecto Francisco Herrero Moro en 1981. A pesar del edificio ser trece años más reciente que los Trade, la solución de montantes no llega a ser suficiente para los estándares actuales.

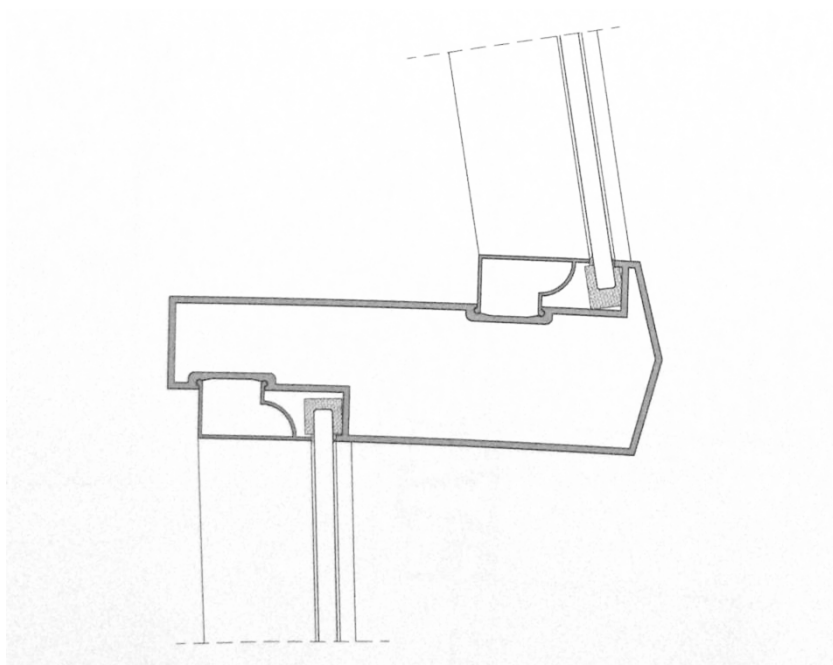


Ilustración 91: Montante original. Fuente: Corbetta y Parés 2005.



Ilustración 92: Edificio Nervión. Disponible en <http://www.fluidsa.com/proyectos-realizados/>

Resulta que, tras mucha búsqueda en fabricantes de carpinterías metálicas, no ha sido posible encontrar una carpintería disponible en mercado que correspondiese al diseño de la carpintería original, dado que su complejo dibujo en diente de sierra presenta una carpintería asimétrica entre la cara interior y la cara exterior del montante. Esto ocurre puesto que, de un lado del perfil metálico, el vidrio está apoyado más adelante, y del otro lado, el vidrio se retrasa para formar la angulación necesaria para la curva. Así, los elementos de rotura de puentes térmicos deberían de disponerse de manera bastante única con el fin de que la cara exterior esté completamente aislada de la cara interior del montante. Tendríamos un montante que se divide en parte interior y exterior por un hueco en diagonal (ilustración 93), donde se encontrarían las roturas de puente térmico.

Ramificaciones en los montantes también son importantes para generar cámaras de aire que ayudan a disminuir la conductividad térmica del sistema de carpintería, teniendo un resultado con un diseño bastante complejo, pero que cumpliría con requisitos de mantener la estética del edificio tal y como está catalogado.

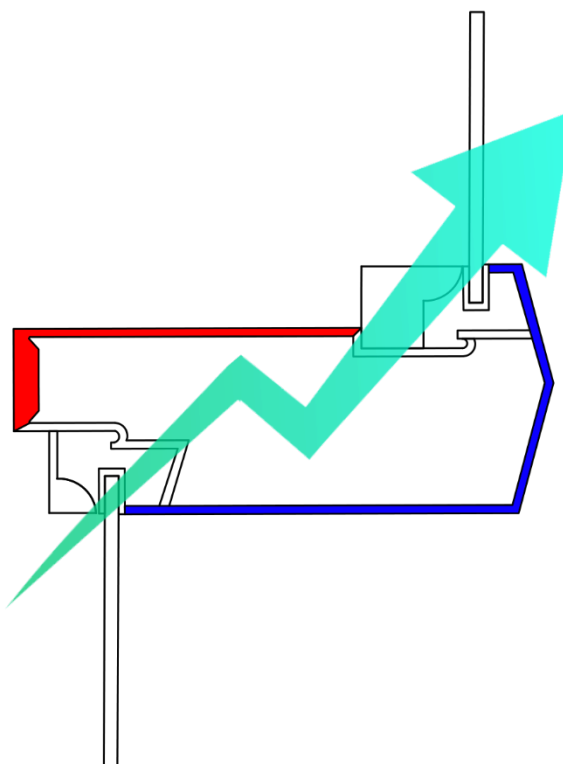


Ilustración 93: Esquema de ubicación de rotura de puente térmico. Autora, 2019.

Tras las primeras investigaciones, se desechó la posibilidad de sustituir el montante por perfiles idénticos y pasamos a la búsqueda de otras soluciones. Así, para las soluciones de marco, nos vamos a concentrar en dos propuestas principales: la primera consiste en encontrar una carpintería que esté disponible en el mercado, que tenga rotura de puente térmico, y que se adapte a la volumetría del edificio, mejorando las propiedades térmicas de su fachada. La segunda se pauta en reutilizar los montantes existentes, incorporando sistemas de aislamiento térmico por el interior, de modo a mantener la fuerte característica estética del patrimonio arquitectónico. En primer lugar, partimos entonces para la investigación de una opción de carpintería disponible en mercado.

Con la fachada sinuosa de los Trade y con montantes que definen su ritmo de fachada en diente de sierra, ha sido un desafío encontrar carpinterías eficientes que siguiesen el dibujo tan único configurado por las ventanas de esta obra. Además, es necesario tener en cuenta que, en la época de su construcción, los muros cortinas eran montados a pie de

obra, lo que aumentaba mucho su coste. Hoy en día tenemos opciones autoportantes que reducen mucho el tiempo de obra y la cantidad de operarios y herramientas necesarias para la construcción de un muro cortina. Teniendo esto en cuenta, muchas búsquedas en webs y fabricantes de carpinterías de aluminio en España han sido efectuadas, y, se ha constatado que el tipo de sistema en diente de sierra no se encuentra comúnmente en el mercado. Así, se han realizado investigaciones profundizadas de soluciones de fachadas en rehabilitaciones sostenibles del patrimonio construido. Se estudiaron diversas soluciones innovadoras, algunas más creativas y extravagantes, y, otras más respetuosas y sofisticadas y, entre las propuestas del Concurso de rehabilitación y mejora ambiental y energética de la fachada de plaza Nueva del Colegio de Arquitectos de Cataluña (COAC), encontramos una solución de rehabilitación, llamada “Una altra mirada”, que también tiene como premisa el mantenimiento estético de la fachada, mejorando su eficiencia energética. En esta propuesta, los arquitectos explican:

“Qué reinterpretación puede hacerse en este caso particular? Pues, por nosotros, aquella que ponga en valor los principales atributos que tenía la propuesta original, la que Busquets presentó en la fase del concurso. (...) Esta sería nuestra mirada particular al respecto: la de mantener simplemente y reforzar lo que es más sustancial en la propuesta original (...). Mantener la forma original de la propuesta del concurso, mejorando las prestaciones, tanto en la calidad de los materiales y detalles constructivos como en el de la eficiencia energética del conjunto. Esta relectura comporta dos modificaciones respecto del edificio construido: cambio del tipo de apertura de ventanas de las oficinas y supresión del coronamiento fratasado claro, que no aparecía en la maqueta en la fase del concurso.”



Ilustración 94: Colegio de Arquitectos de Cataluña (COAC). Fuente: Concurs per a la rehabilitació i la millora ambiental i energètica de la façana de la Plaça Nova del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

Dado la semejanza entre el ritmo de fachada del COAC y de los Trade, y la época de construcción de los edificios, ambos en los años 60, podríamos relacionar las soluciones de fachadas de las dos obras.

La carpintería utilizada en la propuesta de intervención “*Una altra mirada*” es de la marca Jansen, empresa suiza que valora la sostenibilidad y la eficiencia de sus productos. Jansen tiene la empresa Metalco Arquitectura en Acero SL como el distribuidor en exclusiva para España, Portugal y Andorra de Jansen. Las distribuidoras más cercanas a Barcelona se encuentran en Valencia y Andorra.

La perfilaría de acero inoxidable, los cerramientos vidriados resistentes al fuego, los elementos de seguridad antirrobo e incluso los sistemas antibalas, son productos en los que sus técnicos pueden colaborar con arquitectos, constructoras, talleres y particulares

para buscar la mejor de las soluciones. Con sus características de alta calidad, dos otras propuestas del concurso citado también utilizan carpintería metálica Jansen para sus soluciones arquitectónicas.

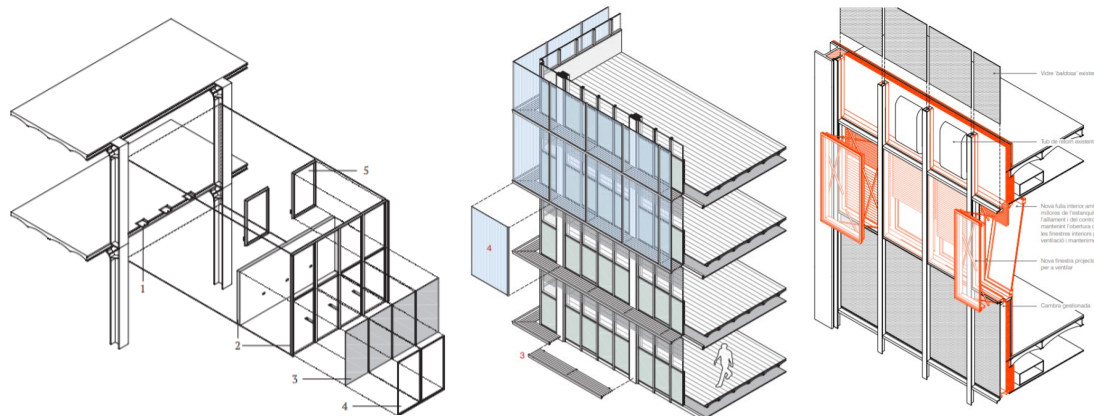


Ilustración 95: Propuestas de rehabilitación del COAC de Barcelona que utilizan los perfiles Jansen.

Sin embargo, las soluciones utilizadas en el concurso del COAC sirven de inspiración, pero no logran a solucionar el más grande desafío de la envolvente de los edificios Trade: su disposición en curva. En este ámbito, el sistema de fachada elegido ha sido el VISS SG. Este sistema para acristalamientos estructurales es autoportante y tiene opciones con total visión de vidrio. Según los fabricantes, este sistema se adapta a las soluciones más eficientes y atractivas dentro de la arquitectura high-tech y puede presentar dimensiones de vidrio de hasta 2.5 x 5.0 m, que aportan una innegable transparencia a la envolvente del edificio. Su amplia gama de accesorios permite llegar a espesores de hasta 70 mm de vidrio, tanto con perfiles de 50mm como de 60 mm de ancho.

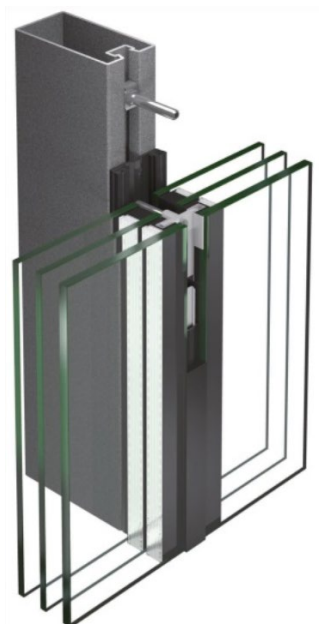


Ilustración 96: Perfil Jansen VISS SG. Disponible en: <https://www.jansen.es/project/viss-sg-semisg/>

Se ha elegido el perfil VISS SG de referencia (D-630-C-008), dado que este tiene un espesor de 60mm, tal y como los perfiles originales de los edificios Trade, y permite angulaciones entre cada ventana. Este sistema, a pesar de sus angulaciones, garantiza la rotura de puente térmico por no poseer aluminio en la cara interior, permitiendo al sistema de muro cortina a adaptarse al formato de las plantas de los Trade y ser térmicamente eficaz.

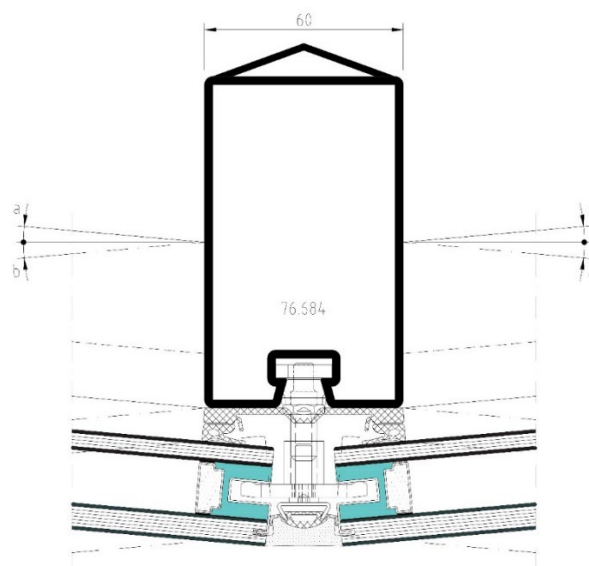


Ilustración 97: Perfil Jansen VISS SG (D-630-C-008). Disponible en : https://docucenter.jansen.com/jansen/main/SinglePageApp.php?_=JDCW_2019_10.1&fwd=true#1194956

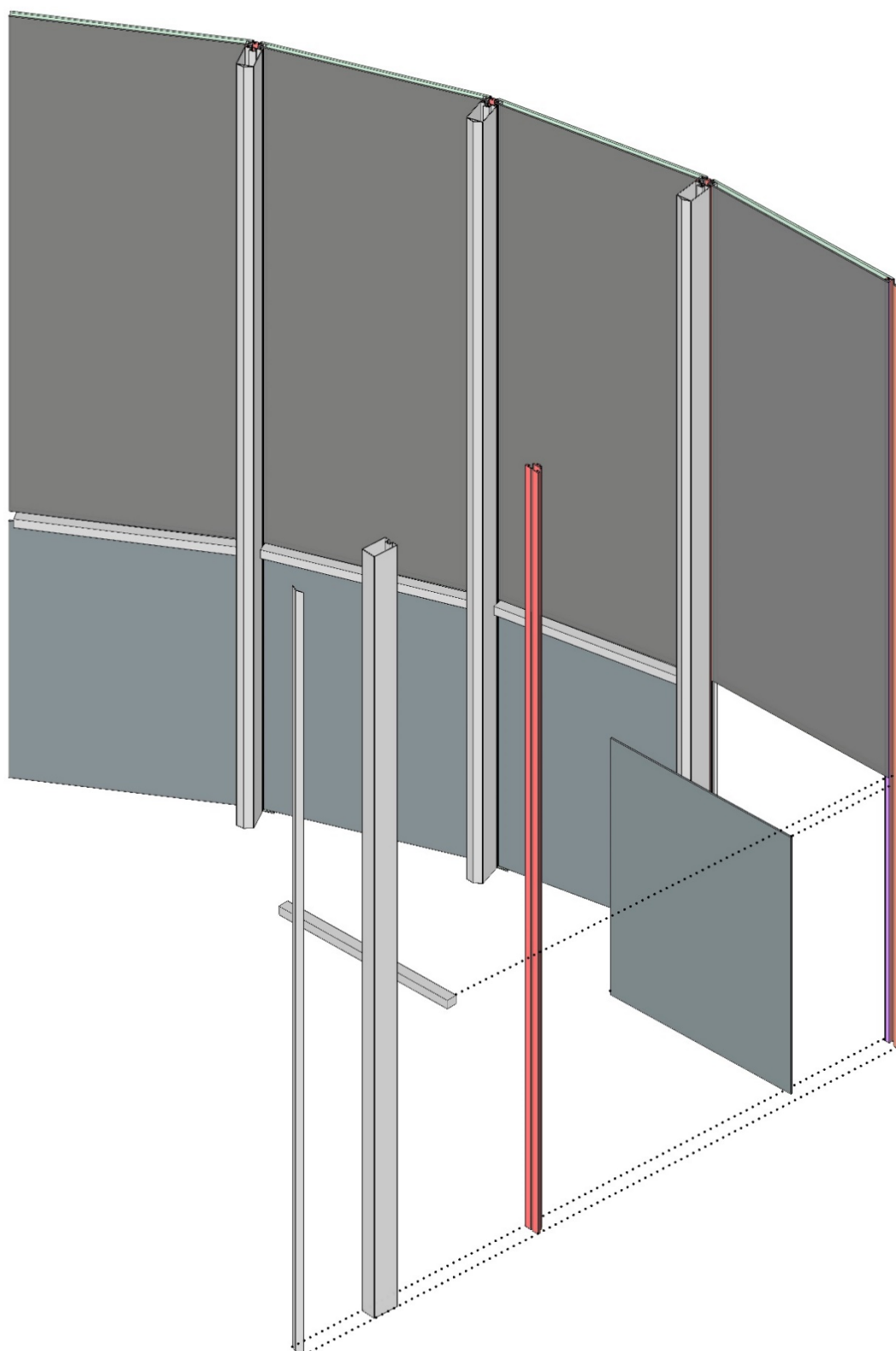


Ilustración 98: Esquema de montaje de retícula autoportante. Elaborado por la autora, 2020.

Una segunda opción, más plausible en el contexto económico, se pauta en una rehabilitación de la carpintería, en la cual se pretende reutilizar los montantes y travesaños

originales para reaprovecharlos, insertando en su interior espuma de poliuretano expandido para mejorar sus prestaciones térmicas. Además, dado que la carpintería es toda de aluminio, no habría una total mejora del comportamiento térmico del montante dado que el calor entraría a través de conducción por el aluminio. Es por eso que se propone adjuntar una capa de corcho-caucho de 20mm, planchas compuestas de granulado de corcho y caucho, material compuesto en el cual el corcho, material natural y reciclable garantiza muy baja conductividad térmica ($0.04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), y el caucho aporta excelente impermeabilidad, excelente compresibilidad, alto grado de recuperación y muy buena adaptabilidad. Este material previene la condensación y favorecer el ahorro energético del edificio además de funcionar como excelente aislante acústico.

Sin embargo, esta solución, se ve delicada a partir del momento en que debemos cambiar los vidrios, porque los marcos originales, tal y como están, no comportarían vidrios dobles con dimensiones diferentes a los originales. Así, es necesario adaptar los junquillos retirándolos y, sustituyéndolos por junquillos de PVC que comporten el doble vidrio. El montaje del doble vidrio debe ser hecho de manera industrializada, separando los vidrios entre sí por cámaras de aire deshidratado para garantizar la ausencia de condensaciones. La separación entre los vidrios es realizada mediante un perfil separador de aluminio, en cuyo interior se introduce un producto desecante, y la estanqueidad es asegurada por el doble sellado perimetral, realizado con butilo y silicona estructural respectivamente.

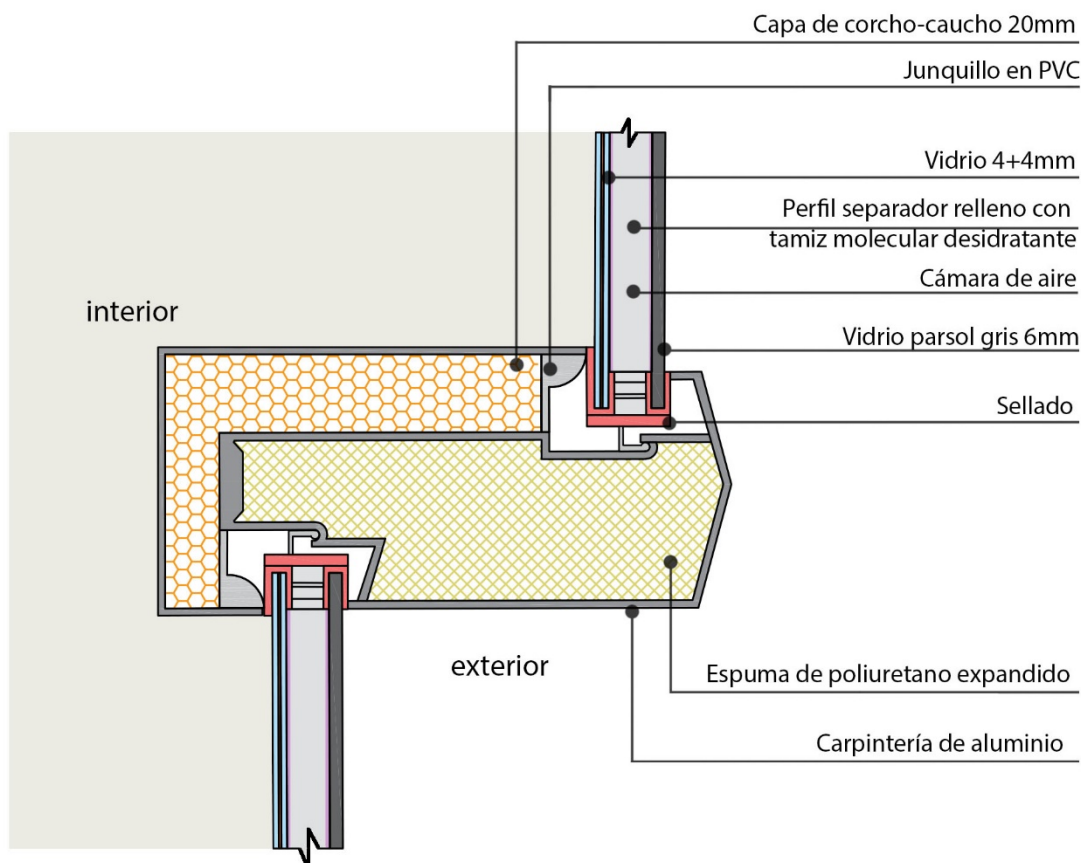


Ilustración 99: Detalle esquemático de montante rehabilitado. Autora, 2019.

La solución de rehabilitar la carpintería existente, reutilizándola parece ser la propuesta más amigable en términos de ejecución de obra e inversión económica. De hecho, según estimaciones económicas disponibles en la base de datos del generador de precios CYPE, cambiar toda la fachada según un sistema similar al elegido en la primera opción, implicaría en una inversión de cerca de 370 euros por metro cuadrado. Si calculamos un valor estimado de acuerdo con las dimensiones de las torres Trade, la inversión resulta en un valor de aproximadamente 380.000 euros para el cambio de la fachada de la torre oeste, y una inversión de aproximadamente 1.600.000 para el cambio del muro cortina en todo el complejo.

Es evidente que también es importante tener en cuenta las dificultades de la ejecución de una obra de este tipo y que, llegado el caso que se opte por la intervención en los edificios Trade, las propuestas aquí demostradas deberían de ser estudiadas con más profundidad. Sería necesario un estudio profundizado de los sistemas propuestos, realizando pruebas en laboratorio para constatar que el sistema no presentará disfunciones frente a todos los esfuerzos que estará expuesto. Además, una rehabilitación como estas

en un edificio que está en uso engloba, entre otros factores, el desplazamiento del personal, la dificultad de que toda la comunidad se ponga de acuerdo y el importe económico.

De esta forma, es importante razonar el impacto, tanto económico como ambiental, asociado a este tipo de intervenciones en el patrimonio. Esta segunda opción, a pesar de requerir más tiempo de mano de obra por ser una fabricación artesanal, reduce gastos con materiales por no sustituir los montantes y travesaños. Además, implica una cuestión de respeto al patrimonio construido y al medioambiente, por reaprovechar elementos constructivos rehabilitándolos a fin de garantizar el aumento de la eficiencia energética.

Reuniendo, por tanto, todos los requisitos preestablecidos en este trabajo para una rehabilitación de la piel del edificio, la segunda propuesta de carpintería se ve más adecuada para los edificios Trade.

7.2 MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS ANTEPECHOS

Se plantea una nueva solución constructiva para los antepechos interiores, que poseen cámara de aire. En este relleno se propone insuflar celulosa, que es un material sostenible por ser proveniente de la madera, renovable, y muchas veces proveniente del reciclaje. Según la documentación técnica de la empresa Aislanat, este material tiene muy buenas prestaciones térmicas presentando Conductividad Térmica de $0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Además, tiene tratamiento ignífugo adquiriendo la clasificación Bs2d0, que corresponde a la definición de no inflamable. Las sales de boro que se añaden en el proceso de fabricación de la guata de celulosa impiden que se propague el fuego debido a que al entrar en contacto la sal de boro con una fuente de calor, ésta desprende moléculas de agua. Este tratamiento con boro también convierte la celulosa en un material antifúngico e imputrescible, ya que es un repulsivo contra insectos y ratones e impide la formación de hongos. La celulosa también es un material presenta buenas capacidades de aislamiento acústico.

Permiso técnico Europeo	17-0610
Conductividad térmica a 23 °C / 50% de humedad de aire	0,040W/mxK
Ignifugación.	Minerales bóricos.
Evaluación de aislamiento acústico a ruido aéreo: Parámetro RA	RA = 57 dBA
Coefficiente de absorción acústica conforme a la Norma EN ISO 354:2003	$\alpha_m = 0.87$
Absorción de agua, (kg/m ²), EN 1609	≤20
Resistencia al flujo de aire EN 29053	69 kPa s/m ² 80kg/m ³ Insuflado 41 kPa s/m ² 50kg/m ³ Insuflado 44 kPa s/m ² 50kg/m ³ Proyectado
Compactación por gravedad en cámara una vez aplicado	0% (No se compacta)
Resistencia biológica, de acuerdo con el procedimiento de prueba EOTA y EN ISO 846	0 (no se detecta crecimiento de moho)

Evaluación técnica europea según reglamento nº 305/2011	DEE Nº 040138-00-1201
Factor de resistencia a la transmisión de vapor de agua μ	$\mu = 3,5$
Componentes	88% de papel de periódico seleccionado. 12% de aditivos (propiedades ignífugas, anti fúngicas y resistencia a insectos)
Emisión durante la producción	5 kv/h/m ³
Comportamiento eléctrico	Neutro
Capacidad de carga	No tiene
Reacción al fuego UNE EN13501	Bs2d0
Densidad según ETA	26-65 kg/m ³
Calor específico	2100 J/kgK

Tabla 6: Especificaciones Celulosa Aislanat. Disponible en: <http://www.aislantesaislanat.es/ficha-tecnica/>

La parte del muro cortina que abriga el vidrio exterior, continúa reutilizando los vidrios originales en las torres norte y este. Ya en las torres Oeste, Sur y en todo el

volumen de Entresuelo, se propone una opción en la cual los vidrios de los antepechos en las fachadas de orientaciones sur y oeste sean sustituidos por vidrios fotovoltaicos gris oscuro para generación de energía limpia. Esta opción sería un poco más avanzada y entraría en cuestiones de instalaciones, las cuales no son contempladas en este trabajo. Pero dado que ya haríamos una rehabilitación de fachada sería interesante plantear este tipo de mejora para que el edificio sea más autosuficiente. En el apartado siguiente comentamos sobre otras opciones de instalaciones que también podrían ser implementadas.

7.3 IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN CUBIERTA

Según el prediagnóstico realizado en este trabajo por el programa CE3X, una de las medidas de mejora que configuraba la segunda medida de mejora más importante en los edificios es la incorporación de energía solar térmica para calefacción. Si incorporásemos solamente el sistema de energía solar térmica ya pasaríamos de la calificación original E de 36,7 kgCO₂/m², para una calificación de 31,3 kgCO₂/m², obteniendo un ahorro de 20% en las emisiones de CO₂ generadas por la calefacción, como se puede ver en la ilustración abajo.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro	
Demanda de calefacción	66.4 G	66.4 G	0.0 %	A
Demanda de refrigeración	17.0 B	17.0 B	0.0 %	B
Emisiones de calefacción	21.7 G	27.1 G	20.0 %	C
Emisiones de refrigeración	2.8 B	2.8 B	0.0 %	D
Emisiones de ACS	No calificable	No calificable	-	E
Emisiones de iluminación	6.3 B	6.3 B	0.0 %	F
EMISIONES GLOBALES	31.3 D	36.7 E	14.8 %	G

Ilustración 100: Calificación del edificio con incorporación de energía solar térmica para calefacción. Fuente: análisis CE3X.

Si se opta por complementar el proyecto de rehabilitación del edificio con este sistema, tendríamos una mejora global de emisiones de un 14,8%.

Sin embargo, una instalación de energía solar térmica implica en realizar una rehabilitación en los sistemas de instalaciones, lo que, como ya hemos comentado, no es tan urgente debido a la reciente rehabilitación de sistemas hecha en 2015 por la empresa VEOLIA. Además, muchas veces los programas de calificación energética nos indican

medidas que en realidad no caben al edificio objeto de estudio. En el caso de los edificios Trade, por ejemplo, el espacio útil en cubierta es mínimo, así que la opción de implementar energía solar térmica no sería eficiente en este caso. Por eso es muy importante que el calificador sepa discriminar cuales medidas realmente se adecuan a su edificio de estudio. Así que, si fuéramos implantar algún tipo de sistemas de energía limpia en los edificios Trade, la opción de implementar vidrios fotovoltaicos en el antepecho parece ser más eficiente.

7.4 CONTROL DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL

La iluminación natural de los edificios Trade es muy bien elaborada, posibilitando la iluminación en los despachos prácticamente todo el día gracias a su volumetría con ligeras ondulaciones. A pesar de esto, en momentos de mayor incidencia solar, bastante corrientes en las fachadas este y oeste, la luz diurna puede generar cierta incomodidad lumínica y térmica.

Si notamos las fotos actuales de las torres Trade, muchas de las plantas utilizan persianas o screens para protección solar, pero esto se da de manera desordenada, generando diferentes colores y patrones en fachada.



Ilustración 101: Ejemplo de protección solar ya utilizada. Foto de la autora, 2019.



Ilustración 102: Edificios Trade y sus diferentes elementos de protección solar. Foto de la autora, 2019.

Dado que el edificio posee un antepecho bastante ancho, se propone la incorporación uniformizada de un screen térmico de fibra de vidrio, de dimensiones de 80cm x 120cm de color gris claro, factor 5%, que unifica cromáticamente con el vidrio.

Es necesario que los screens sean instalados a una distancia mínima de 10 cm de la ventana para evitar sobrecalentamiento de los vidrios. Estos dispositivos son dispuestos como estores verticales enrollables funcionan a través de domótica, con control mediante un mismo sensor de sol que actúe sobre todas las persianas, actuando como una protección automática y uniformizada del sol. De este modo, se garantiza un control térmico en el interior del edificio, y un dibujo estético gradual de las persianas, que, debido a las orientaciones solares graduales de los vidrios por su angulación, siguen un modelo ondulado de retracción y, enfatizando la idea de curvas ideada por Coderch, ahora no solamente en planta, pero también en alzado.

Además de los factores de protección solar, la luz natural nos proporciona un potencial que debería de ser aprovechado en pro de la eficiencia energética del edificio. Como es sabido, los edificios Trade no poseen estrategias de mejora de la iluminación artificial. Es por eso que también se propone una uniformización de las lámparas de los despachos, utilizando un estándar de lámparas de tubo LED lineales que mantienen la estética de la iluminación artificial original y añaden un papel medioambiental de ahorro energético. La luz eléctrica pasa a ser proporcionada por luces LED lineales de alta eficiencia con balastos electrónicos que se regulan por fotosensores de luz diurna y balastos de atenuación continua que aseguran que la iluminación eléctrica se use solo para complementar la luz diurna disponible.

En su núcleo de circulación, donde no hay gente constantemente, se propone la implantación de sensores de presencia, tal y como se hace en los baños y servicios.

8. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS MEDIDAS DE MEJORA

Para simular la eficiencia de los sistemas que se han propuesto, se ha incorporado nuevamente al programa CE3X las características de transmitancias de los materiales elegidos, simulando tres opciones de escenarios diferentes, cada uno con un conjunto de medidas de mejora. Además, los tres escenarios cuentan con la sustitución de la iluminación actual por lámparas LED tube lineales en todo el edificio.

Estos tres escenarios simulan como podríamos gradualmente mejorar la envolvente de la torre oeste. La idea es tener una de las torres como modelo piloto que reduzca los consumos energéticos considerablemente y sirva de referencia para todo el complejo, pudiendo futuramente insertar el modelo de rehabilitación en todas fachadas de los edificios Trade.

Escenario 01 – Mejora de los antepechos:

En la primera opción, simulamos una rehabilitación de poco impacto y fácil ejecución, que cuenta con el aislamiento a base de celulosa insuflada en el relleno de cámara de aire (se ha calculado la transmitancia térmica $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{k}$), en todas las fachadas de la torre oeste. Este escenario ha sido elaborado a través de insertar una medida de mejora en el programa CE3X de la torre oeste, con la especificación térmica del aislante elegido. Además, se sustituyeron las lámparas actuales por lámparas LED tube lineales. Con estas medidas alcanzamos la siguiente calificación energética:

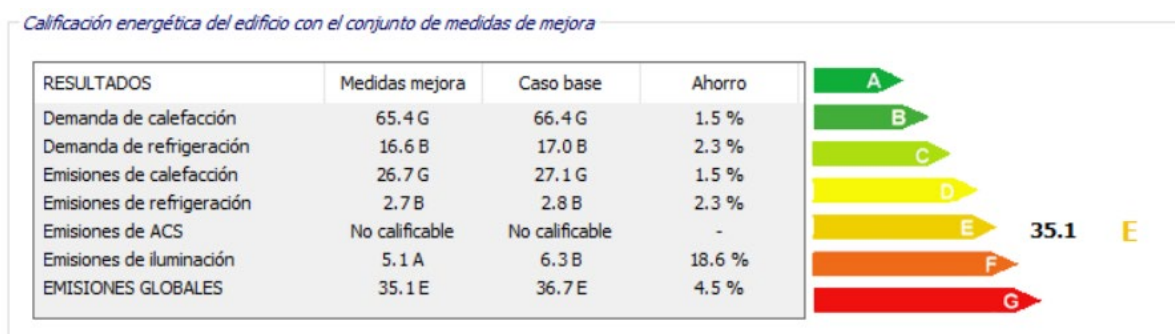


Ilustración 103: Nueva calificación energética con la mejora de los antepechos. Fuente: CE3X

Como se puede notar en esta calificación, mejoramos la calificación de 36,7 kgCO_2/m^2 a 35,1 kgCO_2/m^2 , una mejora de solamente 4,5% que no permite escalar una letra en la calificación energética, manteniendo el edificio en la calificación E.

Escenario 02 – Mejora de los antepechos y rehabilitación de fachada en cuadrantes menos favorables

En el segundo escenario, además del aislamiento de antepechos y la sustitución de las lámparas actuales por lámparas LED tube lineales, simulamos el edificio mejorando apenas las dos fachadas que, según la diagnosis hecha en esta investigación, presentan los cuadrantes con los consumos más altos: la fachada suroeste y noroeste.

Una mejora parcial de la piel del edificio se muestra interesante por implicar en la reducción de los costes de la rehabilitación, además de conferir un estado de testeo de la eficiencia de la fachada con relación a los consumos energéticos. Esta estrategia también funciona si contemplamos que, con las reducciones de consumos proporcionadas por ella a lo largo del tiempo, se puedan hacer futuras intervenciones de ahorro energético en las otras fachadas.

La mejora consistió, por tanto, en la sustitución del muro cortina con doble vidrio (SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) rehabilitando y reutilizando las carpinterías existentes, solamente en estas dos fachadas. En esta propuesta se considera que la carpintería de 6mm agrega la espuma de poliuretano expandido en su interior y acopla la capa de caucho-corcho en la capa interior del montante, configurando así un sistema que funciona como un marco de aluminio con rotura de puente térmico. De esta forma tendríamos un edificio con la siguiente calificación energética:

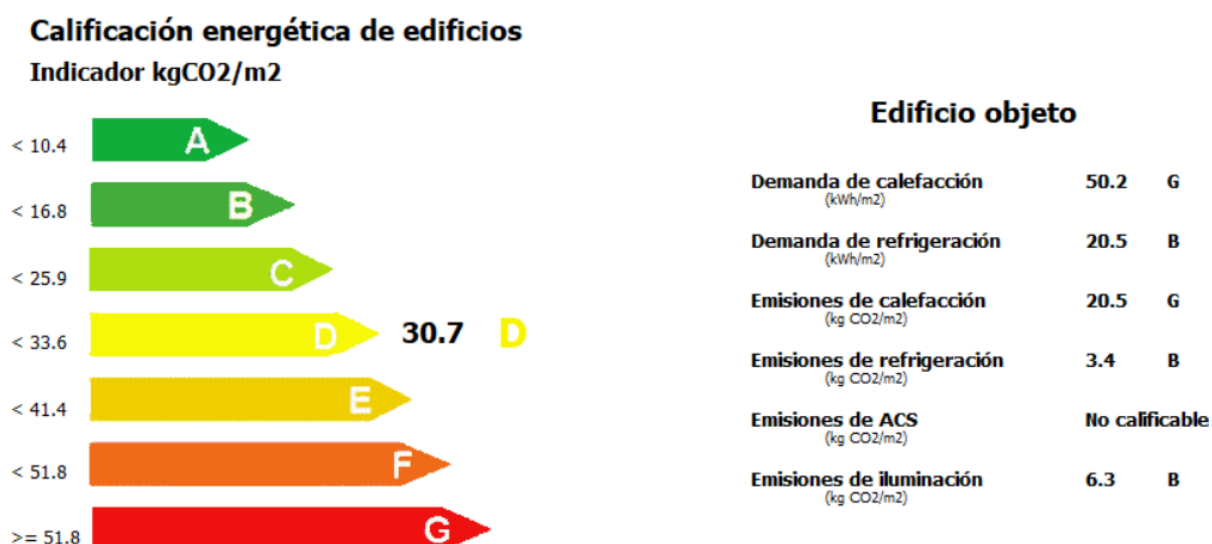


Ilustración 104: Nueva calificación energética con la mejora de los antepechos y rehabilitación de fachada en cuadrantes menos favorables. Fuente:CE3X.

Como vemos, en este caso ya es posible escalar la obra para una calificación D, lo que nos muestra que el ahorro energético y el impacto medioambiental ya se reducen en un 16,3%.

Escenario 03 – Mejora de los antepechos y rehabilitación de toda la fachada de la torre oeste

Este escenario se da por las mismas características del segundo escenario, pero implantando las medidas de mejora en todas las fachadas de la torre oeste. Tenemos por tanto la incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire (transmitancia térmica $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$), sustitución de muro cortina por un sistema de muro cortina con doble vidrio (Opción 1: SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y montantes de aluminio de 6 mm con rotura de puente térmico, sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales. Conseguimos aquí la siguiente calificación:

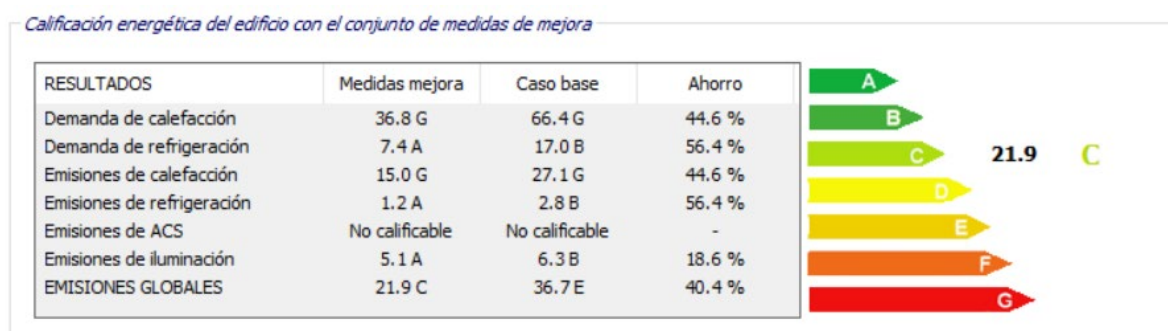


Ilustración 105: Nueva calificación energética con la mejora de los antepechos y rehabilitación de toda la fachada de la torre oeste. Fuente: CE3X.

Podemos resumir los escenarios que hemos presentado hasta el momento en la denominada “ecuación ganadora” en búsqueda de la mejora de la calificación energética, misma que permite escalar hasta dos letras en la calificación otorgada por el certificador energético. En este escenario alcanzamos el objetivo de mejorar la calificación energética de la letra E a la letra C, con un nuevo indicador de $21,9 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ configurando un salto de 40,4% en las emisiones globales. Este valor nos daría más argumentos para solicitar ayudas económicas a administraciones públicas como el Ayuntamiento de Barcelona. Según el periódico “El País” las ayudas económicas para mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica son en base del 30% sin contraprestación, y préstamo máximo del 60%.

Sabido que el tercer escenario es el que mejor cumple los objetivos de ahorro energético e impacto ambiental entre las propuestas expuestas, añadimos dos medidas de mejora opcionales que implantan energías renovables en el edificio.

Medida de mejora A: Incorporación de vidrios fotovoltaicos en antepecho

En esta propuesta se añadiría un sistema de energía fotovoltaica que sería proporcionado por vidrios fotovoltaicos implantados en los antepechos de los edificios Trade, sustituyendo los vidrios tintados originales. De esta manera, la mejora del edificio consiste en la incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire (se ha calculado la transmitancia térmica $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$), sustitución de muro cortina por sistema de muro cortina con doble vidrio (Opción 1: SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y montantes de aluminio de 6 mm con rotura de puente térmico. Incorporación de sistema fotovoltaico en fachada y sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales. Tenemos entonces una mejora de 3,8% en la calificación energética del edificio en relación al escenario 3.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	36.8 G	66.4 G	44.6 %
Demanda de refrigeración	7.4 A	17.0 B	56.4 %
Emisiones de calefacción	15.0 G	27.1 G	44.6 %
Emisiones de refrigeración	1.2 A	2.8 B	56.4 %
Emisiones de ACS	No calificable	No calificable	-
Emisiones de iluminación	5.1 A	6.3 B	18.6 %
EMISIONES GLOBALES	20.5 C	36.7 E	44.2 %

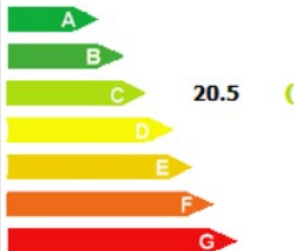
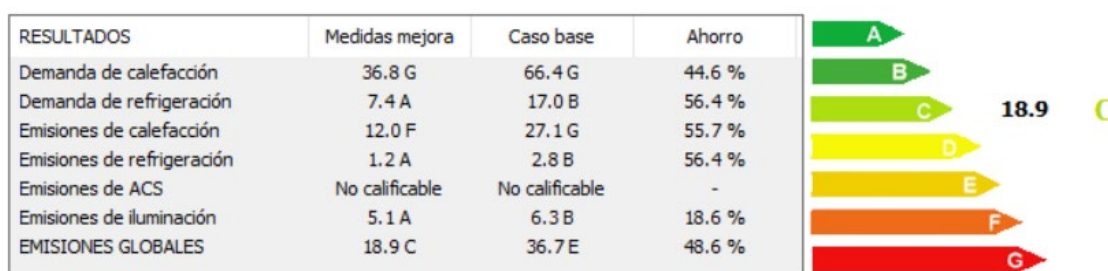


Ilustración 106: Nueva calificación energética con la incorporación de vidrios fotovoltaicos en antepecho. Fuente: CE3X.

Medida de mejora B: incorporación de energía solar térmica para calefacción

Se añadiría un sistema de energía solar térmica para calefacción, teniendo: la incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire ($U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$), sustitución de muro cortina por sistema de muro cortina con doble vidrio (SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y montantes de aluminio de 6mm con ruptura de puente térmico, e incorporación de energía solar térmica para calefacción con sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales.



*Ilustración 107: Nueva calificación energética con la incorporación de energía solar térmica para calefacción.
Fuente: CE3X.*

Como se puede notar, las dos opciones de conjunto de medidas de mejora llevan el edificio a la calificación energética C. Considerando que la calificación inicial del edificio tenía la nota E con emisiones globales de 36,7 kgCO₂/m², vemos que, con una elección adecuada de materiales y sistemas, podemos tener una reducción de hasta 48,6% con esta solución. A pesar de ello, como comentado en el capítulo de propuestas de intervención, la incorporación de energía solar térmica no es tan bienvenida en los edificios Trade por cuestiones de falta de espacio en cubierta. De esta manera, nos quedamos con la opción de medida de mejora A, implementando vidrios fotovoltaicos en el antepecho y alcanzando emisiones globales de 20,5 kgCO₂/m². Además, con esta solución ya reducimos el consumo anual de energía primaria no renovable de un valor calculado por el programa CE3X de 184,8 kWh/m² en el edificio original, para un consumo anual de 97,22 kWh/m² con las medidas de mejora A, obteniendo un ahorro de 47,4% en la demanda energética del edificio.

9. CONCLUSIONES

9.1 CONCLUSIONES TECNOLÓGICAS

Actualmente, nos encontramos en un momento de dinámica pendular que entiende el patrimonio edificado de la arquitectura moderna como un conjunto de mal comportamiento energético, que debe ser mejorado. A fin de generar edificaciones más sostenibles acordes con la normativa actual, se plantean rehabilitaciones energéticas que acaban por desconfigurar el paisaje urbano existente en pro de una intervención extremadamente tecnológica que ignora los conceptos arquitectónicos del movimiento moderno. En este trabajo, se ha identificado la importancia de dedicar un tiempo a la reflexión sobre cuáles deben ser los objetivos que queremos y debemos lograr con una rehabilitación energética de edificios de oficinas protegidos patrimonialmente. Cada edificación tiene sus especificidades, y es necesario que éstas sean muy bien estudiadas para que, al aplicar una intervención sobre sus fachadas, se garantice el aspecto histórico que esta edificación lleva. Tal vez a veces sea necesario “sacrificar” algunas características energéticas para mantener los valores del patrimonio, pero seguramente aumentaremos el tiempo de vida de este edificio aumentando su calidad en términos de confort y de impacto medioambiental. La rehabilitación energética, por lo tanto, genera, no solo una mejora en términos de consumo y demanda energética, sino que, además, en el confort de los usuarios al interior de los espacios.

Por lo tanto, está claro que en intervenciones de fachada que mejoren en comportamiento energético de las edificaciones existen riesgos y beneficios. En el caso de los edificios Trade y de tantos otros edificios de este movimiento, el desafío se pauta sobre el muro cortina, que, en su momento no ha sido pensado de acuerdo con los parámetros actuales de consumo energía, tanto por falta de tecnología de los materiales, como por la abundancia energética de la época. El muro cortina es un elemento clave para los edificios de esta arquitectura, así que es necesario ser muy cauta al proponer soluciones de fachada que ayuden en la cuestión energética. En este trabajo se ha logrado hacer una aproximación académica de soluciones factibles para el mantenimiento del patrimonio mejorando sus prestaciones térmicas y, por consecuencia, energéticas.

Como se ha visto en las opciones de conjunto de medidas de mejora, el edificio rehabilitado con las medidas elegidas llega a la calificación energética C. Considerando que la calificación inicial del edificio tenía la nota E con emisiones globales de 36,7 kgCO₂/m², vemos que, con una elección adecuada de materiales y sistemas, podemos tener una reducción de las emisiones de carbono de hasta 44,2% y disminuir 47,4% de la demanda energética, mediante soluciones creativas de adaptación de diseño, razonando el uso de tecnologías y combinándolo con el mantenimiento del valor patrimonial de un edificio histórico. De esta forma, logramos a extender el tiempo de vida útil de edificios modernos, intentando al máximo realizar una rehabilitación con un compromiso con el medioambiente.

Con estas soluciones, hemos visto que es posible mantener el carácter histórico del Movimiento Moderno de la ciudad de Barcelona, ampliando el tiempo de uso de edificios emblemáticos e históricos, implementando condiciones de confort acordes con la normativa actual. Además de esto, a largo plazo, se supone que el edificio tendrá un carácter sostenible, por disminuir los gastos energéticos y las emisiones de carbono originalmente generados, posibilitando así, un uso del patrimonio construido que sea confortable y durable.

Reuniendo lo tradicional y lo innovador (a través del uso de la tecnología, del trabajo a veces artesanal y de la reutilización de materiales) es posible, por tanto, alargar la vida útil del patrimonio construido en pro de mantener nuestra arquitectura del periodo moderno acorde con las condiciones actuales de sostenibilidad.

9.2 CONCLUSIONES PERSONALES

La rehabilitación energética en fachadas de muro cortina de edificios del Movimiento Moderno es un tema ascendente en Europa, dado que los edificios sufren un deterioro con el tiempo, y también, los valores de confort y de consumo energético evolucionan. En esta perspectiva, también es interesante plantear soluciones sostenibles para obras de este periodo arquitectónico en países en desarrollo, donde este sistema de fachada se ha implementado con gran fuerza en su momento, configurando los diseños urbanos de ciudades como, por ejemplo, Brasilia y Rio de Janeiro.

Considerando que muchos de estos países no tienen normativas establecidas que se basan en parámetros NearlyZero para rehabilitar edificios, ha sido muy gratificante entender y aprender a utilizar los métodos de calificación energética de edificios en España, adquiriendo la base necesaria para diagnosticar edificios en cualquier zona climática del mundo. Me parece, por lo tanto, muy importante tener el conocimiento de plataformas como CE3X y Design Builder, además de normativas basadas en el desarrollo sostenible y materiales innovadores que involucren la eficiencia energética para poder elaborar soluciones sensatas para edificios de tanta importancia histórica. A través de algunos parámetros como orientaciones, ubicación, materialidad y diseño del edificio, podemos identificar las falencias energéticas en sus instalaciones y fachadas, teniendo así, los fundamentos necesarios para elaborar posibles soluciones.

Sin embargo, es necesario tener sentido crítico para analizar cuales medidas realmente caben a una determinada obra, sea por respecto al patrimonio o por motivos de viabilidad económica o logística. No se puede hacer caso a los programas de calificación energética sin tener una evaluación minuciosa de las directrices apuntadas por ellos. Además, es muy importante conocer bien el edificio en el cual estamos actuando, estableciendo relaciones con los usuarios o administradores del edificio para que los datos recogidos también tengan una percepción humana de su funcionamiento.

En el caso de los edificios Trade, se ha podido llegar en una posible solución para su muro cortina teniendo en cuenta sus limitaciones patrimoniales. A pesar de ello, considero que, dado el caso de que la rehabilitación de la fachada se realice, el estudio debería de ser profundizado a través de la elaboración de un modulo del sistema de fachada, además de ser probado en laboratorio para comprobar sus prestaciones térmicas, acústicas y mecánicas. De todos modos, el estudio realizado en este trabajo ha sido un proceso completo de entendimiento del edificio y abre un campo de investigación acerca de una rehabilitación de fachada en los Edificios Trade, apuntando líneas de actuación y propuestas de intervención pertinentes a los parámetros energéticos actuales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS

- Aislanat: El aislante de celulosa* [Ficha Técnica] [en línea]. Aislanat. [consulta: 20 enero 2020]. Disponible en: <http://www.aislantesaislanat.es/ficha-tecnica/>
- Arquitectura y decoración, 1956. En: *Revista de actualidades, artes y letras*, 1956. No. 212, p. 1.
- Carpintería de aluminio y muros cortina: Dimaco, 1968. En: *La Vanguardia Española*. Barcelona: 14 enero 1968, p. 83.
- Edificios Trade en la Gran Vía Carlos III en Barcelona : Arquitecto : José Antonio Coderch, 1970. En: *Arquitectura*, 1970. Vol. 12, no. 144, p. 30-33.
- [Focus] Barcelona Glass, 1970. En: *Architectural Forum*, 1970. Vol. 132, no. 2, p. 5.
- Inauguración de los «Edificios Trade», 1968. En: *La Vanguardia Española*. Barcelona: 26 octubre 1968, p. 31.
- Nearly Zero Energy Buildings: Definitions Across Europe*, 2015 [en línea]. Bruselas: Buildings Performance Institute Europe (BPIE). [consulta: 20 enero 2020]. Disponible en: http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf
- IDAE.https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_07_Escala_Calif_Energetica_A2009_A_5c0316ea.pdf
- Araujo, Ramón, 2010. La rehabilitación de la arquitectura moderna. En: *Tectónica*. No. 33, p. 4-21.
- Ávila Delgado, José, 2017. La influencia del vidrio en la edificación. *Aparejadores*. No. 83, Diciembre, p. 38-43.
- Ballarín, Josep Maria, 1992 [1984]. El Coderch de J.M.^a Ballarín. En: C. Fochs, ed., *J.A. Coderch de Sentmenat : 1913-1984*. 3 ed. Barcelona: Gustavo Gili, p. 243-255.
- Benito, José y Raya, Antonio, 1999. Arquitectura de vidrio. En: *Tectónica*. No. 10, p. 4-23.

- Boada, Salvador, 2013. *Los límites del vidrio. Aproximación analítica a los límites de las prestaciones energético-luminicas del vidrio* [en línea]. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Trabajo fin de máster universitario en Tecnología en la Arquitectura. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/19684>
- Borràs, Maria Lluïsa, 1969. [La semana artística] Premio de arquitectura FAD 1968. En: *Destino*. Vol. XXXII, no. 1644, p. 52-53.
- Bosch, Montserrat, Ruiz, Galdric, López, Fabián y Rodríguez, Inma, 2006. *Avaluació energètica d'edificis: l'experiència de la UPC, una metodologia d'anàlisi*. Barcelona: Edicions UPC, 2006
- Capitel, Antón, 1981. La torre del Banco de Bilbao en el centro Azca de Madrid : Allá por el año 1971. En: *Arquitectura*. Vol. 62, no. 228, p. 11-18.
- Carbonel Villanueva, José Félix, 2016. *La rehabilitación como oportunidad de evolución: estudio y análisis de las estrategias presentadas en el concurso de la rehabilitación de la fachada ligera del Colegio de Arquitectos de Cataluña* [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Trabajo final del máster en Tecnología en la Arquitectura, inédito, dirigido por Joan Lluís Zamora. [consulta: 18 enero 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/87864>.
- Casaldàliga, Pau et al., 2017. *Edificis de consum d'energia gairebé zero* [en línea]. [Barcelona]: Institut Català d'Energia. Quadern pràctic, 11. Disponible en: http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quadern_practic/arxius/11_Edificis_energia_zero.pdf
- Coderch, José Antonio, 1970. [Espagne : Madrid-Barcelone] Tours de bureaux à Barcelone. En: *L'Architecture d'Aujourd'hui*. No. 149, p. 12-13.
- Corbetta, Gavina y Parés, Macià, 2005. *Edificis Trade de Barcelona : estructura i tancament*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Trabajo final de carrera de los estudios de Arquitectura Técnica, inédito, dirigido por Jaume Rosell y Ramon Graus.
- Donato, Emili, ed., 1989. *J.A. Coderch de Sentmenat : 16 de febrero a 26 de marzo 1989 : Madrid, Galería del M.O.P.U.* [Madrid]: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

- Donato, Emili, 2016. Conocí a Coderch... En: P. Núñez, ed., *Recordando a Coderch*. Barcelona: Libbooks, p. 80-87.
- Fochs, Carles, ed., 1992 [1989]. *J.A. Coderch de Sentmenat : 1913-1984*. 3 ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Fochs, Carles, 2016. El año 1959... En: P. Núñez, ed., *Recordando a Coderch*. Barcelona: Libbooks, p. 96-111.
- González, Josep Lluís et al., 2013. El difícil equilibrio entre eficiencia energética y conservación de los valores patrimoniales en edificios históricos. En: *revista PH* [en línea]. no. 84, p. 20. DOI 10.33349/2013.84.3393. Disponible en: <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/3393>.
- Granell, Enrique, 2016. *El papel de las asociaciones, sindicatos y colegios profesionales en la cultura arquitectónica catalana: 1874-1977* [en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya: Tesis doctoral, inédita, dirigida por Antoni Ramon. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/396629>.
- Leitão, Alexandra, 2015. Economía circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI = Circular economy: a new management philosophy for the XX1st century. En: *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*. Vol 1, no. 2, Septiembre 2015.
- Llobet, Xavier, 2011. Edificios Trade, 1965-1968. En: S. Landrove, ed., *Equipamientos II: Ocio, deporte, comercio, transporte y turismo: Registro DOCOMOMO Ibérico, 1925-1965*. [Barcelona]: Fundación Caja de Arquitectos, Fundación DOCOMOMO Ibérico, p. 156.
- Paricio, Ignacio, 2010. *La piel ligera : maduración de una técnica constructiva*. Barcelona: Grupo Folcrá Edificación, S.A.
- Piñón, Helio, 1976. Tres décadas en la obra de José Antonio Coderch. En: *Arquitecturas Bis*. no. 11, p. 6-14.
- Pizza, Antonio y Rovira, Josep Maria, ed., 2000. *En busca del hogar : Coderch 1940-1964*. Barcelona: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

- Rentería, Isabela de, 2013. *Detalles en la arquitectura de J.A. Coderch* [en línea]. Barcelona: Universitat Ramon Llull: Tesis doctoral, inédita, dirigida por Eduard Bru y Robert Terradas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/127187>.
- Serrano, Ángel, 1967. La obra reciente de José Antonio Coderch. En: *Cuadernos de Arquitectura*. No. 68-69, p. 21-26.
- Sòria, Enric, 1997 [1979]. *Conversaciones con J.A. Coderch de Sentmenat*. Murcia: COAATM, Librería Yerba, Cajamurcia. Arquitectura, 32.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	1:	Edificios	Trade.	Fuente:	
				https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barcelona_-_Edificios_Trade.jpg	8
Ilustración 2:	Plano de implantación y jardines.	Proporcionado por la administración Fincas Abarca			9
Ilustración 3:	Planta Noble.	Proporcionado por la administración Fincas Abarca			10
Ilustración	4:	Planta	Tipo.	Disponible en:	
				http://joseantoniocoderch.org/Tradeedificiooficinas/?lang=en	11
Ilustración 5:	Reflejos internos en el edificio y despacho acabado de inaugurar.	Fuente (CORBETTA, MACIA 2005).			11
Ilustración 6:	Iluminación artificial de los Edificios Trade.	Disponible en:		http://edificiosTrade.com/historia/	12
Ilustración 7:	Plan Parcial de Ordenación de la isla de los edificios Trade.	Fuente: Arxiu Habitat (Corbetta y Parés 2005)			13
Ilustración 8:	Edificios Trade.	Fuente: (Serrano 1967, 12)			14
Ilustración 9:	Plano con la reparcelación de fincas aprobadas.	Fuente: (Corbetta y Parés 2005)			15
Ilustración 10:	Plano con la reparcelación de fincas aprobadas.	Fuente: Arxiu Habitat (Corbetta y Parés 2005)			16
Ilustración 11:	Esquema estructural de las torres.	Fuente: (Corbetta y Parés 2005)			17
Ilustración 12:	Proceso de construcción de forjados.	Fuente: (Corbetta y Parés 2005)			18
Ilustración 13:	Sección y ampliación de las acotaciones verticales.	Fuente: Archivo Municipal Contemporáneo de Barcelona			19
Ilustración 14:	El arquitecto José Antonio Coderch de Sentmenat.	Disponible en:		http://joseantoniocoderch.org/biografia/?lang=en	20
Ilustración 15:	Propuesta Banco Transatlántico. Fotomontaje de día.	Fuente: Arquitectura y decoración... 1956.			22
Ilustración 16:	Propuesta sede de Hoechst Ibérica. Fotomontaje de día.	Fuente: Piñón 1976, 12			23
Ilustración 17:	Edificios Trade.	Fuente: Piñón 1976, 12			24
Ilustración 18:	Edificios Trade.	Fuente: Piñón 1976, 12			25
Ilustración 19:	Propuesta Banco Bilbao. Fotomontaje y planta.	Fuente: Capitel 1981, 12			25

Ilustración 20: Edificios CaixaBank. Disponible en: https://www.caixabank.com/deployedfiles/comunicacion/Estaticos/imgs/history/1983_Sede_Caixa.jpg	26
Ilustración 21: Detalle del proceso constructivo de un Muro Cortina tradicional. Fuente: (Boada 2013)	28
Ilustración 22: Esquema de división del consumo energético. Disponible en: https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/14179/mod_resource/content/1/1_DBHE2013_HE0_HE1.pdf	34
Ilustración 23: Construcción de los edificios Trade con anclado del muro cortina. Fuente: Corbetta y Pares 2005.....	40
Ilustración 24: Detalle de la unión de los montantes. Fuente: Corbetta y Pares 2005. ..	40
Ilustración 25: Etapas de construcción del muro cortina. Fuente: Corbetta y Pares 2005.	41
Ilustración 26: Alzado, sección y planta del muro cortina. Fuente: Corbetta y Pares 2005.	41
Ilustración 27: Comportamiento de los vidrios del muro cortina. Fuente: Corbetta y Pares 2005 modificado por la autora, 2019.....	43
Ilustración 28: Detalles de los perfiles metálicos de la carpintería. Fuente: Corbetta y Pares 2005	44
Ilustración 29: Publicidad de la carpintería. Fuente: Piñón 1976.....	45
Ilustración 30: Conductos en el grueso de los forjados. Fuente: Corbetta y Parés, 2005.	48
Ilustración 31: Zonificación de cuadrantes de las torres. Fuente: Autora, 2019.	50
Ilustración 32: Funcionamiento de zonas de climatización. Fuente: Corbetta y Parés, 2005, modificado por la autora.....	51
Ilustración 33: Planta de instalaciones. Fuente: Corbetta y Parés, 2005.	52
Ilustración 34: Esquema de instalaciones de refrigeración original. Fuente: VEOLIA,2019.	52
Ilustración 35: Ubicación y fotos de instalaciones de refrigeración original. Fuente: VEOLIA,2019.	53
Ilustración 36: Esquema de instalaciones de calefacción original. Fuente: VEOLIA,2019.	53
Ilustración 37: Ubicación y fotos de instalaciones de calefacción original. Fuente: VEOLIA,2019.	54

Ilustración 38: Esquema de instalaciones de refrigeración. Fuente: VEOLIA,2019.....	55
Ilustración 39: Ubicación y fotos de instalaciones de refrigeración. Fuente: VEOLIA,2019.	56
Ilustración 40: Ficha técnica de instalaciones de refrigeración. Fuente: Foto de la autora, 2019.	56
Ilustración 41: Ubicación y fotos de instalaciones de calefacción. Fuente: VEOLIA,2019.	57
Ilustración 42: Ficha técnica de instalaciones de calefacción. Fuente: Foto de la autora, 2019.	57
Ilustración 43: Ficha técnica del climatizador. Fuente: Foto de la autora, 2019.....	58
Ilustración 44: Esquema cuadrantes. Elaborado por la autora, 2019.....	63
Ilustración 45: Torres de los edificios Trade. Disponible en: http://edificiosTrade.com/	64
Ilustración 46: Consumo medio anual por torre. Elaborado por la autora, 2019.	65
Ilustración 47Comparativo de consumos de calor y frio en las cuatro torres. Elaborado por la autora, 2019.	65
Ilustración 48: Numero de fan coils por torre. Fuente: VEOLIA, 2019.....	67
Ilustración 49: Comparativo de consumos en las cuatro torres. Elaborado por la autora, 2019.	68
Ilustración 50: Comparativo de consumos entre enero, marzo y julio. Elaborado por la autora, 2019.	69
Ilustración 51: Temperaturas en Barcelona. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. Delegación Territorial en Cataluña.	69
Ilustración 52: Cuadrantes en la torre oeste. Elaborado por la autora, 2019.....	70
Ilustración 53: Gráfico de consumos por cuadrante en enero. Elaborado por la autora, 2019.	71
Ilustración 54: Gráfico de consumos por cuadrante en marzo. Elaborado por la autora, 2019.	71
Ilustración 55: Gráfico de consumos por cuadrante en julio. Elaborado por la autora, 2019.	72
Ilustración 56: Gráfico de consumo medio anual por cuadrante. Elaborado por la autora, 2019.	72
Ilustración 57: Esquema de consumos por cuadrante y planta. Elaborado por la autora, 2019.	73

Ilustración 58: Estudio de sombras comparativo en enero 9:00h, 12:00h y 17:00h.....	77
Ilustración 59: Estudio de sombras comparativo en marzo 9:00h, 12:00h y 17:00h	77
Ilustración 60: Estudio de sombras comparativo en julio 9:00h, 12:00h y 17:00h	77
Ilustración 61: Relación luz y sombra entre las dos torres.....	78
Ilustración 62: Relación luz y sombra - torres sinuosas Ilustración 63: Relación luz y sombra - torres prismáticas.....	78
Ilustración 64: Patrón de sombras SE. Fuente: CE3X.....	79
Ilustración 65: Patrón de sombras NE. Fuente: CE3X.	79
Ilustración 66: Patrón de sombras NO. Fuente: CE3X.....	80
Ilustración 67: Detalles constructivos de muro cortina y antepecho. Autora 2019; Rentería 2013.	81
Ilustración 68: Interior del de antepecho de la torre leste y instalaciones. Autora, 2019.	81
Ilustración 69: Interior del de antepecho de la torre leste. Autora, 2019.	82
Ilustración 70: Características de cerramiento del antepecho. Fuente: CE3X.	83
Ilustración 71: Características de cerramiento de la cubierta. Fuente: CE3X.	84
Ilustración 72: Calificación energética actual de los edificios Trade. Fuente: CE3X....	85
Ilustración 73: Medidas de mejora de instalaciones propuestas por el programa CE3X. Fuente: CE3X.	85
Ilustración 74: Medidas de mejora de aislamiento propuestas por el programa CE3X. Fuente: CE3X.	86
Ilustración 75: Medidas de mejora de huecos propuestas por el programa CE3X. Fuente: CE3X.	87
Ilustración 76: Esquema 3D generado en Design Builder. Fuente: Elaborado por la autora,2019.	89
Ilustración 77: Gráficos de datos climatológicos. Fuente: Design Builder.	90
Ilustración 78: Gráficos de temperaturas, ganancias de calor y consumo energético. Fuente: Design Builder.....	92
Ilustración 79: Gráfico de temperaturas y ganancias de calor. Fuente: Design Builder.	94
Ilustración 80: Gráficos de temperaturas y pérdidas de calor. Fuente: Design Builder.	96
Ilustración 81: Estudio de iluminación natural en el entresuelo. Fuente: Design Builder.	97
Ilustración 82: Estudio de iluminación natural en las torres. Fuente: Design Builder. ..	98
Ilustración 83: Calificación energética actual de la Torre Oeste. Fuente: CE3X.....	99

Ilustración 84: Nueva calificación energética frente a las medidas de mejor por defecto. Fuente: CE3X.	100
Ilustración 85: Gráfico comparativo entre calificación energética actual y calificación energética mejorada. Elaborado por la autora.	101
Ilustración 86: Calificaciones energéticas con la aplicación de las medidas de mejora. Fuente: CE3X	101
Ilustración 87: Características del vidrio original. Fuente: CalumenLive.....	106
Ilustración 88: Características del doble vidrio - opción 1. Fuente: CalumenLive	109
Ilustración 89: Características del doble vidrio - opción 2. Fuente: CalumenLive	110
Ilustración 90: Esquema de rotura de puente térmico. Disponible en: https://miguelgarcia.me/rotura-de-puente-termico/	112
Ilustración 91: Montante original. Fuente:Corbetta yPares 2005.....	112
Ilustración 92: Edificio Nervion. Disponible en http://www.fluidsa.com/proyectos-realizados/	113
Ilustración 93: Esquema de ubicación de rotura de puente térmico. Autora, 2019.....	114
Ilustración 94: Colegio de Arquitectos de Cataluña (COAC). Fuente: Concurs per a la rehabilitació i la millora ambiental i energètica de la façana de la Plaça Nova del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.	116
Ilustración 95: Propuestas de rehabilitación del COAC de Barcelona que utilizan los perfiles Jansen.	117
Ilustración 96: Perfil Jansen VISS SG. Disponible en: https://www.jansen.es/project/viss-sg-semisg/	118
Ilustración 97: Perfil Jansen VISS SG (D-630-C-008). Dispobile en : https://docucenter.jansen.com/jansen/main/SinglePageApp.php?_JDCW_2019_10.1&fwd=true#1194956	118
Ilustración 98: Esquema de montaje de retícula autoportante. Elaborado por la autora, 2020.	119
Ilustración 99: Detalle esquemático de montante rehabilitado. Autora, 2019.....	121
Ilustración 100: Calificación del edificio con incorporación de energía solar térmica para calefacción. Fuente: análisis CE3X.	124
Ilustración 101: Ejemplo de protección solar ya utilizada. Foto de la autora, 2019. ...	125
Ilustración 102: Edificios Trade y sus diferentes elementos de protección solar. Foto de la autora, 2019.	126

Ilustración 103: Nueva calificación energética con la mejora de los antepechos. Fuente: CE3X	128
Ilustración 104: Nueva calificación energética con la mejora de los antepechos y rehabilitación de fachada en cuadrantes menos favorables. Fuente:CE3X.	129
Ilustración 105: Nueva calificación energética con la mejora de los antepechos y rehabilitación de toda la fachada de la torre oeste. Fuente: CE3X.....	130
Ilustración 106: Nueva calificación energética con la incorporación de vidrios fotovoltaicos en antepecho. Fuente: CE3X.	131
Ilustración 107: Nueva calificación energética con la incorporación de energía solar térmica para calefacción. Fuente: CE3X.	132

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:Requisitos de iluminación para áreas interiores de oficinas. Disponible en https://enerfigente.files.wordpress.com/2015/08/une-en_12464-12003.pdf	59
Tabla 2:Tabla de consumos de refrigeración y calefacción. Elaborado por la autora, 2019.	65
Tabla 3: Relación de actividades de usos y consumos. Elaborado por la autora, 2019.	75
Tabla 4: Materiales del muro cortina.....	80
Tabla 5: Relación K/cámara de aire. Disponible en: http://www.climavit.com/castellano/data/planitherm.html	107
Tabla 6: Especificaciones Celulosa Aislanat. Disponible en: http://www.aislantesaislanat.es/ficha-tecnica/	123

APÉNDICES

ANEXO A – RESULTADOS CE3X

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Edificios trade de Barcelona - Torre Oeste		
Dirección	GRAN VIA DE CARLES III, nº 94		
Municipio	Barcelona	Código Postal	08028
Provincia	Barcelona	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	C2	Año construcción	1968
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	7121501DF2872A		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Beatriz Davi Médola	NIF(NIE)	Y6775558W
Razón social	Arquitecta	NIF	00000000
Domicilio	C. Marina 256		
Municipio	Barcelona	Código Postal	08013
Provincia	Barcelona	Comunidad Autónoma	Cataluña
e-mail:	beatriz.medola@gmail.com	Teléfono	692922713
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecta		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
<div> <div>< 58.0 A</div> <div>58.0-94.3 B</div> <div>94.3-145.0 C</div> <div>145.0-188.5 D</div> <div>188.5-232.0 E</div> <div>232.0-290.0 F</div> <div>≥ 290.0 G</div> </div> <div>184.8 D</div>	<div> <div>< 10.8 A</div> <div>10.8-17.5 B</div> <div>17.5-26.9 C</div> <div>26.9-34.9 D</div> <div>34.9-43.0 E</div> <div>43.0-53.8 F</div> <div>≥ 53.8 G</div> </div> <div>36.7 E</div>

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/11/2019

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:


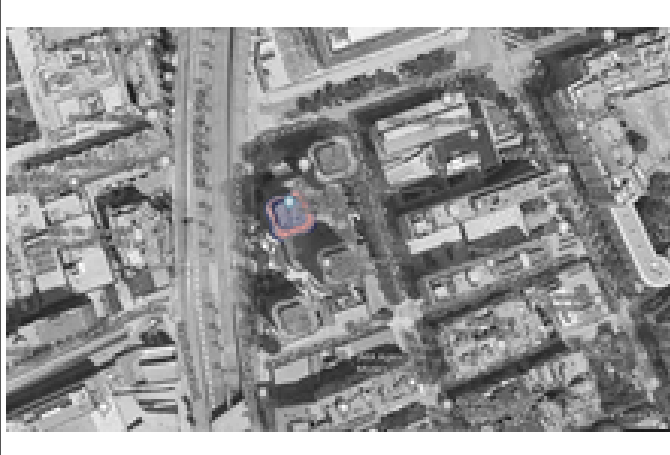
ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	4115.6
----------------------------------	--------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
Fachada SE - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	Conocidas
Fachada NE - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	Conocidas
Fachada NO - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	Conocidas
Fachada SO - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	Conocidas
Cubierta	Cubierta	467.8569	3.02	Conocidas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Muro cortina SE	Hueco	426.33	5.70	0.73	Estimado	Estimado
Muro cortina NE	Hueco	426.33	5.70	0.74	Estimado	Estimado
Muro cortina NO	Hueco	426.33	5.70	0.74	Estimado	Estimado
Muro cortina SO	Hueco	426.33	5.70	0.74	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo calefacción	Caldera Condensación	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	0.0
--	-----

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	ACS				

Torres de refrigeración (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]
Torre de refrigeración	Torre de refrigeración: 1 velocidad		6393.0
TOTALES			6393.04

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Potencia instalada [W/m²]	VEEI [W/m²·100lux]	Iluminación media [lux]	Modo de obtención
Edificio Objeto	7.61	1.52	500.00	Estimado
TOTALES	7.61			

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
Edificio	4115.6	Intensidad Alta - 8h

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C2	Uso	Intensidad Alta - 8h
----------------	----	-----	----------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>< 10.8A</div><div>10.8-17.5B</div><div>17.5-26.9C</div><div>26.9-34.9D</div><div>34.9-43.0E</div><div>43.0-53.8F</div><div>≥ 53.8G</div></div>	36.7 E	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	G	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	-	
		27.08		0.00		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]	Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	B	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	B
			2.81		6.31	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	9.63	39643.98
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	27.08	111465.78

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>< 58.0 A</div><div>58.0-94.3 B</div><div>94.3-145.0 C</div><div>145.0-188.5 D</div><div>188.5-232.0 E</div><div>232.0-290.0 F</div><div>≥ 290.0 G</div></div>	184.8 D	CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	-		
		127.90		0.00			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	B	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	B
				16.59		37.24	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>< 5.8A</div><div>5.8-9.5B</div><div>9.5-14.6C</div><div>14.6-19.0D</div><div>19.0-23.3E</div><div>23.3-29.2F</div><div>≥ 29.2G</div></div>	<div>66.4G</div>	<div><div>< 12.1A</div><div>12.1-19.7B</div><div>19.7-30.3C</div><div>30.3-39.4D</div><div>39.4-48.5E</div><div>48.5-60.6F</div><div>≥ 60.6G</div></div>	<div>17.0B</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Medida de mejora B: incorporación de energía solar térmica para calefacción

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
< 58.0 A	97.2 C	< 10.8 A	18.9 C
58.0-94.3 B		10.8-17.5 B	
94.3-145.0 C		17.5-26.9 C	
145.0-188.5 D		26.9-34.9 D	
188.5-232.0 E		34.9-43.0 E	
232.0-290.0 F		43.0-53.8 F	
≥ 290.0 G		≥ 53.8 G	

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
< 5.8 A	36.8 G	< 12.1 A	7.4 A
5.8-9.5 B		12.1-19.7 B	
9.5-14.6 C		19.7-30.3 C	
14.6-19.0 D		30.3-39.4 D	
19.0-23.3 E		39.4-48.5 E	
23.3-29.2 F		48.5-60.6 F	
≥ 29.2 G		≥ 60.6 G	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	47.61	55.7%	3.70	56.4%	0.00	-%	15.50	18.6%	68.37	49.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	56.65 G	55.7%	7.24 A	56.4%	0.00 -	-%	30.30 A	18.6%	97.22 C	47.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	12.00 F	55.7%	1.23 A	56.4%	0.00 -	-%	5.13 A	18.6%	18.87 C	48.6%
Demanda [kWh/m² año]	36.77 G	44.6%	7.41 A	56.4%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

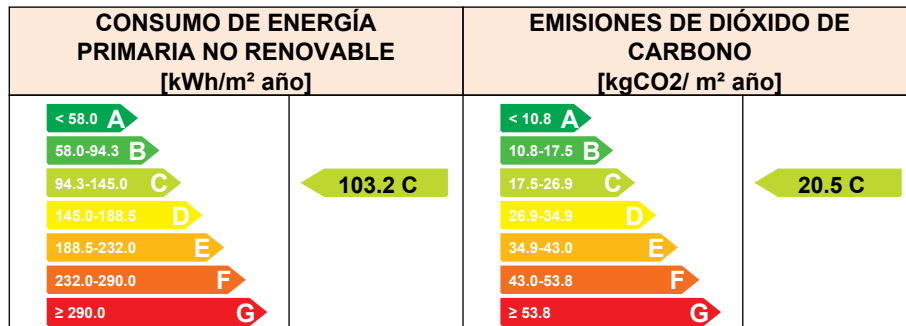
Incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire (U=0,28 W/m2k), sustitución de ventanas por ventanas con doble vidrio (SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y marcos de aluminio de 6mm con ruptura de puente térmico, e incorporación de energía solar térmica para calefacción con sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales.

Coste estimado de la medida

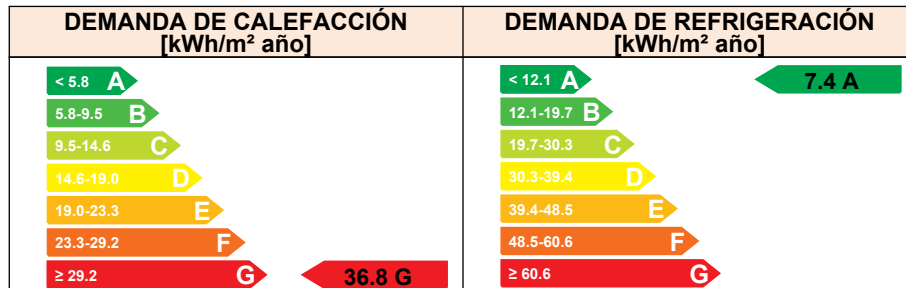
-

Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	59.51	44.6%	3.70	56.4%	0.00	-%	15.50	18.6%	76.07	44.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	70.81	G 44.6%	7.24	A 56.4%	0.00	- -%	30.30	A 18.6%	103.17	C 44.2%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	15.00	G 44.6%	1.23	A 56.4%	0.00	- -%	5.13	A 18.6%	20.48	C 44.2%
Demanda [kWh/m² año]	36.77	G 44.6%	7.41	A 56.4%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire (se ha calculado la transmitancia térmica $U=0,28$ W/m²K), sustitución de ventanas por ventanas con doble vidrio (Opción 1: SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y marcos de aluminio Jansen VISS SG de 6 mm con rotura de puente térmico. Incorporación de sistema fotovoltaico en fachada y sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales.

Coste estimado de la medida

-


Otros datos de interés

ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	03/11/2019
---	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Medida de mejora B: incorporación de energía solar térmica para calefacción


DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire ($U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$), sustitución de ventanas por ventanas con doble vidrio (SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y marcos de aluminio de 6mm con ruptura de puente térmico, e incorporación de energía solar térmica para calefacción con sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales.
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
<div> <div>< 58.0 A</div> <div>58.0-94.3 B</div> <div>94.3-145.0 C</div> <div>145.0-188.5 D</div> <div>188.5-232.0 E</div> <div>232.0-290.0 F</div> <div>≥ 290.0 G</div> </div>	<div> <div>< 10.8 A</div> <div>10.8-17.5 B</div> <div>17.5-26.9 C</div> <div>26.9-34.9 D</div> <div>34.9-43.0 E</div> <div>43.0-53.8 F</div> <div>≥ 53.8 G</div> </div>
97.22 C	18.87 C

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]
<div> <div>< 5.8 A</div> <div>5.8-9.5 B</div> <div>9.5-14.6 C</div> <div>14.6-19.0 D</div> <div>19.0-23.3 E</div> <div>23.3-29.2 F</div> <div>≥ 29.2 G</div> </div>	<div> <div>< 12.1 A</div> <div>12.1-19.7 B</div> <div>19.7-30.3 C</div> <div>30.3-39.4 D</div> <div>39.4-48.5 E</div> <div>48.5-60.6 F</div> <div>≥ 60.6 G</div> </div>
36.77 G	7.41 A

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	47.61	55.7%	3.70	56.4%	0.00	-%	15.50	18.6%	68.37	49.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	56.65	G 55.7%	7.24	A 56.4%	0.00	- -%	30.30	A 18.6%	97.22	C 47.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	12.00	F 55.7%	1.23	A 56.4%	0.00	- -%	5.13	A 18.6%	18.87	C 48.6%
Demanda [kWh/m² año]	36.77	G 44.6%	7.41	A 56.4%						


ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Fachada SE - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Fachada NE - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Fachada NO - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Fachada SO - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Cubierta	Cubierta	467.86	3.02	467.86	3.02

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Muro cortina SE	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08
Muro cortina NE	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08
Muro cortina NO	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08
Muro cortina SO	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
Sólo calefacción	Caldera Condensación	24.0	61.8%	-	Caldera Estándar	24.0	61.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración


Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
TOTALES		-		-		-		-	-

Torres de refrigeración (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]	Tipo post mejora	Servicio asociado post mejora	Consumo de energía post mejora
Torre de refrigeración	Torre de refrigeración: 1 velocidad	-	6393.0	Torre de refrigeración: 1 velocidad	-	6393.0

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]	Tipo post mejora	Servicio asociado post mejora	Consumo de energía post mejora

INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Potencia instalada [W/m²]	VEEI [W/m²100lux]	Iluminancia media [lux]	Potencia instalada post mejora [W/m²]	VEEI post mejora [W/m²100lux]	Iluminancia media post mejora [lux]
Edificio Objeto	7.61	1.5	500	6.19	1.2	500
TOTALES	7.61	-	-	6.19	-	-

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
Edificio Objeto	4115.6	Intensidad Alta - 8h


ENERGÍAS RENOVABLES


Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
-	-	-	-	-
TOTALES	-	-	-	-

Post mejora

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Incorporación de sistema de energía solar térmica para calefacción	20	-	-	-
TOTALES	20.0	-	-	-

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Medida de mejora A: Incorporación de vidrios fotovoltaicos en antepecho

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Incorporación de aislamiento a base de celulosa en relleno de cámara de aire (se ha calculado la transmitancia térmica $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$), sustitución de ventanas por ventanas con doble vidrio (Opción 1: SGG CLIMALIT PLUS 6 GREY (12 AIR) 44.1 PLANITHERM XN F3) y marcos de aluminio Jansen VISS SG de 6 mm con rotura de puente térmico. Incorporación de sistema fotovoltaico en fachada y sustitución de iluminación por lámparas LED tube lineales.

Coste estimado de la medida

-


Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
<div>< 58.0 A</div> <div>58.0-94.3 B</div> <div>94.3-145.0 C</div> <div>145.0-188.5 D</div> <div>188.5-232.0 E</div> <div>232.0-290.0 F</div> <div>≥ 290.0 G</div>	103.17 C	<div>< 10.8 A</div> <div>10.8-17.5 B</div> <div>17.5-26.9 C</div> <div>26.9-34.9 D</div> <div>34.9-43.0 E</div> <div>43.0-53.8 F</div> <div>≥ 53.8 G</div>	20.48 C

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m² año]	
<div>< 5.8 A</div> <div>5.8-9.5 B</div> <div>9.5-14.6 C</div> <div>14.6-19.0 D</div> <div>19.0-23.3 E</div> <div>23.3-29.2 F</div> <div>≥ 29.2 G</div>	36.77 G	<div>< 12.1 A</div> <div>12.1-19.7 B</div> <div>19.7-30.3 C</div> <div>30.3-39.4 D</div> <div>39.4-48.5 E</div> <div>48.5-60.6 F</div> <div>≥ 60.6 G</div>	7.41 A

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	59.51	44.6%	3.70	56.4%	0.00	-%	15.50	18.6%	76.07	44.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	70.81	G 44.6%	7.24	A 56.4%	0.00	- -%	30.30	A 18.6%	103.17	C 44.2%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	15.00	G 44.6%	1.23	A 56.4%	0.00	- -%	5.13	A 18.6%	20.48	C 44.2%
Demanda [kWh/m² año]	36.77	G 44.6%	7.41	A 56.4%						


ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Fachada SE - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Fachada NE - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Fachada NO - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Fachada SO - Torre Oeste	Fachada	222.57	1.06	222.57	0.28
Cubierta	Cubierta	467.86	3.02	467.86	3.02

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m² K]
Muro cortina SE	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08
Muro cortina NE	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08
Muro cortina NO	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08
Muro cortina SO	Hueco	426.33	5.70	5.70	426.33	1.17	1.08

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
Sólo calefacción	Caldera Condensación	24.0	61.8%	-	Caldera Condensación	24.0	61.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración


Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²año]		[kW]	[%]	[kWh/m²año]	[kWh/m²año]
TOTALES		-		-		-		-	-

Torres de refrigeración (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]	Tipo post mejora	Servicio asociado post mejora	Consumo de energía post mejora
Torre de refrigeración	Torre de refrigeración: 1 velocidad	-	6393.0	Torre de refrigeración: 1 velocidad	-	6393.0

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	7121501DF2872A	Versión informe asociado	03/11/2019
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	18/01/2020

Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]	Tipo post mejora	Servicio asociado post mejora	Consumo de energía post mejora

INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Potencia instalada [W/m²]	VEEI [W/m²100lux]	Iluminancia media [lux]	Potencia instalada post mejora [W/m²]	VEEI post mejora [W/m²100lux]	Iluminancia media post mejora [lux]
Edificio Objeto	7.61	1.5	500	6.19	1.2	500
TOTALES	7.61	-	-	6.19	-	-

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m²]	Perfil de uso
Edificio Objeto	4115.6	Intensidad Alta - 8h

ENERGÍAS RENOVABLES

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida [kWh/año]	Energía eléctrica generada y autoconsumida post mejora [kWh/año]
Incorporación/mejora de sistema fotovoltaico	-	17285.52
TOTALES	-	17285.52